

Jere Mättö

# Lämpökeskuksen sähkösuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Sähkötekniikka  
Insinöörityö  
14.12.2011

## **Alkulause**

Tämä insinöörityö on tehty Helsingin Energialle. Kiitän työni ohjaajaa, ryhmäpäällikkö, dipl.ins. Ossi Liukkoa työni ohjauksesta. Lisäksi kiitän työni aiheesta HelenLämpöä sekä projektipäällikkö tekn. Heikki Kettusta. Haluan myös kiittää työni valvojaa lehtori, dipl.ins. Sampsa Kuparia Metropolia Ammattikorkeakoulusta.

Helsingissä 14.12.2011

Jere Mättö

Tekijä Otsikko	Jere Mättö Lämpökeskuksen sähkösuunnittelu
Sivumäärä Aika	49 sivua + 12 liitettä 14.12.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	ryhmäpäällikkö, dipl.ins. Ossi Liukko lehtori, dipl.ins. Sampsa Kupari
<p>Insinöörityössä on käyty läpi Alppilan lämpökeskuksen sähköistyksen dokumentteja, joista suurin osa on vuodelta 1965. Tämän kartoituksen pohjalta on saatu kuva, miten uudet sähköasennukset saadaan toteutettua mahdollisimman järkevästi.</p> <p>Työn alussa on esitelty Helsingin Energian eri liiketoimintoja ja HelenEngineeringin projekteja. Seuraavaksi tarkasteltiin Alppilan lämpökeskusta ja esiselvitystä, jolloin saadaan kokonaiskuva projektista.</p> <p>Teoriaosuudessa on käsitelty keskeisimmät sähkösuunnittelualueet insinöörityön kannalta. Näitä ovat maadoitukset ja potentiaalintasaukset sekä kiinteistön valaistus ja kiinteistöjen poistumis- ja poistumisreittivalaistus. Näiden lisäksi insinöörityössä käsitellään sähkösuunnitelman sisältö ja käyttöönottotarkastukset. Työhön on sisällytetty myös ohjeet sähkötyöselityksen laatimisen.</p> <p>Prosessisähkösuunnittelussa on nostettu esille suunnittelun alkudokumentit, joita sähkösuunnittelija tarvitsee suunnittelun aloittamiseksi. Tärkeää on tuntea mitoitus- ja laskennalliset menetelmät oikosulkuvirtojen laskemiseksi ja oikean suojaustavan valitsemiseksi. Nämä mitoitus-, suojaus- ja laskennalliset menetelmät ovat teoriaosuuden viimeinen ja yksi tärkeimmistä luvuista sähkösuunnittelun kannalta.</p> <p>Työn tulokseksi saatiin sähkösuunnitelmat ja niitä käyty läpi esiselvityksen ja sähkösuunnittelun tuloksissa.</p>	
Avainsanat	Sähkösuunnittelu, lämpökeskus, prosessisähkö

Author Title	Jere Mättö Electrical Design of Heating Station
Number of Pages Date	49 pages + 12 appendices 14 December 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Ossi Liukko, Group Manager Sampsa Kupari, Principal Lecturer
<p>This thesis goes through documents concerning the installation of the electricity to the heating station of Alppila. The majority of the documents stem from 1965. Based on this analysis, a picture of how the new electricity installations can be carried out as reasonably as possible is formed.</p> <p>First this thesis introduces the different businesses of Helsingin Energia and projects of HelenEngineering. Then the heating station of Alppila and the preliminary report are explored.</p> <p>The theoretical framework discusses the most central areas of electricity planning concerning the thesis. These include groundings and potential levellings, the lighting of the real estate, and the lighting of exits and of exit routes of the real estate. Besides these, the study examines the content of the electricity plan and commissioning inspections.</p> <p>Process electricity planning brings up the initial documents of the planning, which the electric designer needs in order to begin the designing. It is crucial to know the measurements and calculatory methods for calculating short circuit power and for choosing the correct protection means. These measurement, protection and calculatory methods are one of the most important aspects of electric designing, and the final part of theoretical section.</p> <p>The results of this study involve electricity plans. These are gone through with the results of preliminary report and electricity planning.</p>	
Keywords	Electricity designing, heat centre, process electricity

## Sisällys

Alkulause

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	HELEN-KONSERNI	2
2.1	Päälliketoiminnot	3
2.2	Erilliset liiketoimintayksiot	5
2.3	Palvelutoiminnot	6
3	Alppilan lämpökeskus ja esiselvitys	6
3.1	Prosessisähköistyksen esiselvitys	9
3.2	Rakennussähkön esiselvitys	10
4	Rakennussähkö	10
4.1	Maadoitukset ja potentiaalintasaukset	10
4.1.1	TN-C - järjestelmä	11
4.1.2	TN-C-S - järjestelmä	11
4.1.3	TN-S - järjestelmä	12
4.1.4	Suojajohtimen valinta	14
4.1.5	PEN-johtimet	15
4.2	Kiinteistöjen valaistus	16
4.2.1	Valaistussuosituks	16
4.2.2	Peruslaskukaavat	21
4.3	Kiinteistöjen poistumis- ja poistumistiereittivalaistus	23
4.3.1	Viranomaisten säädökset ja määräykset	23
4.3.2	Tarkastuslista	24
4.3.3	Kunnossapito-ohjelma	25
4.4	Sähkösuunnitelman sisältö	25
4.5	Käyttöönottotarkastukset	32
5	Prosessisähkö	33

5.1	suunnittelun alkudokumentit	35
5.2	Sähkösuunnittelun dokumentit	35
5.3	Mitoitukset	36
5.3.1	Oikosulkusuojaus ja ylivirtasuojaus	36
5.3.2	Sähköjohtojen mitoittaminen	38
6	Esiselvityksen tulokset	39
6.1	Rakennussähkö	40
6.2	Prosessisähkö	40
7	Sähkösuunnittelun tulokset	41
7.1	Rakennussähkösuunnitelma	41
7.2	Prosessisähkösuunnitelma	44
7.3	Asennustarkastus	45
7.4	Loppudokumentointi	45
8	Yhteenveto	46
	Lähteet	48
	Liitteet	49

## 1 Johdanto

Tämän insinöörityön tilaaja on Helsingin Energian liiketoiminto HelenLämpö. HelenLämpö vastaa kaukolämmön myynnistä ja jakelusta sekä riittävästä huippu- ja varalämmön tuotannosta. Työ on tilattu HelenEngineering liiketoiminnoilta, jonka liiketoiminta perustuu Helenin eri liiketoiminnoille tehtävistä projektitoista. Projektitoita tehdään myös ulkoisille asiakkaille.

Alppilan lämpökeskus modernisoidaan kahdessa vaiheessa, joista ensimmäinen käynnistyi talvella 2011. Modernisoinnin toinen vaihe toteutetaan vuoden 2014 aikana. Minut nimettiin osaprojektipäälliköksi vastuualueena prosessisähköistys, rakennussähköistys ja automaatio. Kaikissa projekteissa on erityisen tärkeää yhteistyö tilaajan ja projektinjohdon välillä.

Ensimmäisen vaiheen toteutuksen pääperiaate on tehdä vain välttämättömimmät työt. Alppilan lämpökeskuksen polttoaineena on aikaisemmin käytetty raskasta polttoöljyä. Uudistetussa lämpökeskuksessa käytetään kevyttä polttoöljyä, joka myös vähentää päästöjä. Tällainen muutos tarkoittaa muutoksia prosessiin ja tämä on modernisoinnin päätarkoitus.

Prosessin sähköistystä ja automaatiota uudistetaan mahdollisimman vähän ja tarkoituksenmukaisesti. Vuonna 2014 Alppilan lämpökeskus modernisoidaan kaikilta osin, ja siksi ensimmäisessä vaiheessa asennuksista uusitaan vain pakollinen osuus. Purkutyöt vuonna 2014 ovat sitä helpompia, mitä vähemmän säilytettävää tekniikkaa on. Rakennussähkön osalta lämpökeskuksen savupiippu sähköistetään. Savupiipun sähköistys säilytetään modernisoinnin toisessa vaiheessa.

Opinnäytetyössä käsitellään projekti osa-alueista: esiselvitys, suunnittelu, hankinnat, toteutus ja loppudokumentointi.

## 2 HELEN-KONSERNI

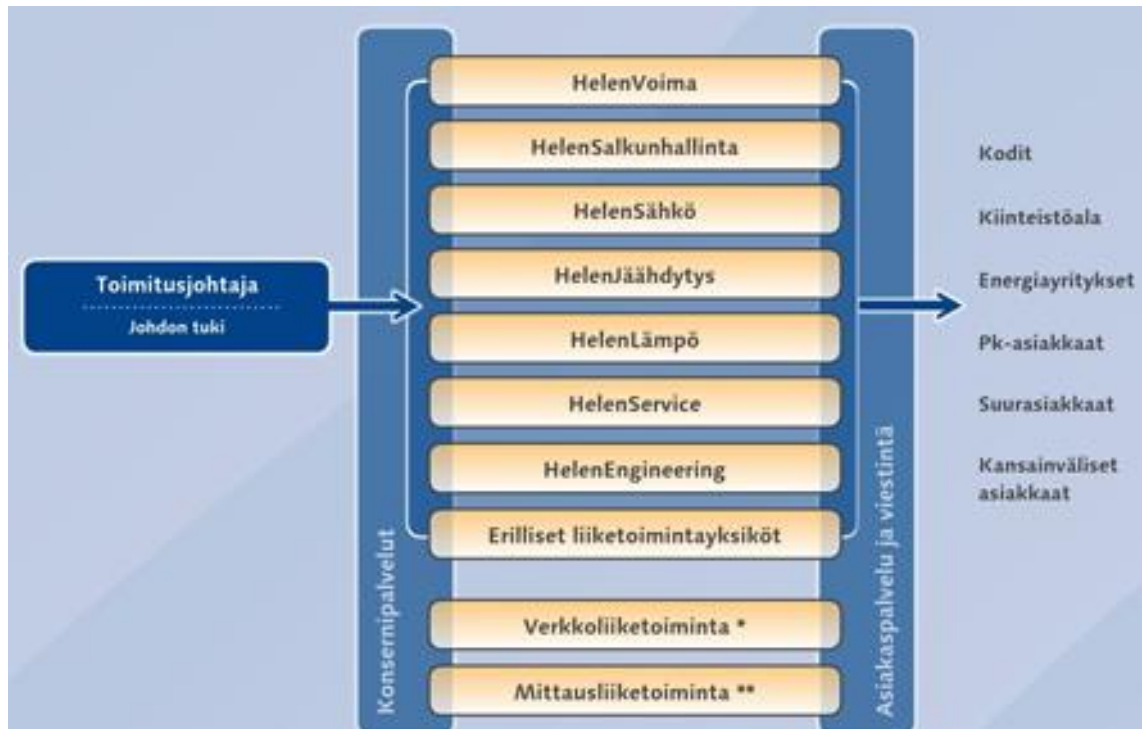
Helsingin Energia on Helen-konsernin emoyhtiö. Konsernin tytäryhtiöitä ovat sähkön siirrosta Helsingin alueella vastaava Helen Sähköverkko Oy, energianmittauspalveluja tuottava Mitox Oy, vesivoimayhtiö Oy Mankala Ab, Helsingin Energian pääkonttorista Sähkötalo-kiinteistöstä vastaavat Kiinteistö Oy Helsingin Sähkötalo ja sähköisen yhdyskuntatekniikan palveluyritys Suomen Energia-Urakointi Oy. Helsingin Energialla on lisäksi osakkuusyhtiöitä ja voimaosuuksien omistuksia eri yhtiöissä sekä suoraan että Oy Mankala Ab:n kautta.



Kuva 1. Konsernirakenne [1, s. 2]

Helsingin Energia myy sähköenergiaa noin 400 000 asiakkaalle Suomessa kattaen lisäksi kaukolämmöllä yli 90 % pääkaupunkiseudun lämmitystarpeesta. Kaikkiaan Helsingin Energian muodostavat liiketoimintaorganisaation seitsemän pääliiketoimintoa, erilliset liiketoimintayksiköt ja palvelutoiminnot. Helsingin Energian omistaa Helsingin kaupunki. [1, s. 3.]





Kuva 2. Helsingin Energian toiminnallinen rakenne [1, s. 2]

\* Sähkömarkkinalain mukainen eriytetty liiketoiminta Helen Sähköverkko Oy

\*\* Mitox Oy

## 2.1 Pääliiketoiminnot

Helsingin Energian voimalaitosten ja voimaosuuksien kaupallisesta hyödynnettävyydestä vastaa Helen Salkunhallinta. Vuonna 2010 liikevaihtoa kertyi 591 miljoonaa euroa. Sähköenergiaa myytiin pohjoismaisille tukkumarkkinoille 7 860 GWh, kaukolämpöenergiaa hankittiin 7850 GWh.

HelenVoima vastaa Helsingin Energian sähkön ja kaukolämmön tuotannosta Salmisaaren, Hanasaaren ja Vuosaaren voimalaitoksilla. Liiketoiminto perustuu omakustannusperiaatteeseen.

HelenSähkö vastaa sähköenergian myynnistä kotitalouksille ja yritysasiakkaille. Myytävä sähkö hankitaan pääosin pohjoismaisesta sähköpörssistä. HelenSähkö on saanut tunnustusta hyvästä johtamisesta ja henkilöstöön panostamisesta kansainvälisen

Investor in People (IIP) -sertifikaatin. IIP-standardin saaneessa organisaatiossa koko työyhteisö osallistuu aktiivisesti toiminnan suunnitteluun ja kehittämiseen.

HelenJäähdytyksen liiketoiminta on laajentunut merkittävästi. Liittymisteho vuonna 2006 oli 39 kWh [2, s. 12]. Vuoden 2010 lopussa liittymisteho saavutti 104 kWh, liittymien määrän ollessa 163. Helsingissä on siis yksi Euroopan suurin ja nopeimmin kasvava kaukojäähdytysjärjestelmä. Kaukojäähdytyksen piiriin kuuluu kauppakeskuksia, toimistotiloja, julkishallinnon kiinteistöjä, tietokonesaleja ja asuinkiinteistöjä.

Energiatuotannon projekti- ja konsulttipalveluja tuottaa HelenEngineering, jonka liikevaihto vuonna 2010 oli 5,8 miljoonaa euroa. Liikevaihdosta 80 % muodostui sisäisestä laskutuksesta. Seuraavaksi mainitaan merkittävimpiä laskutuskohteita vuonna 2010:

- Lassilan lämpökeskuksen modernisointi
- vuoden 2011 aikana valmistuva Salmisaaren voimalaitoksen automaatio- ja sähköistysmodernisointi
- vuoden 2010 lopulla aloitettu Salmisaaren voimalaitoksen höyryturbiinin uudistamisprojekti
- vuoden 2010 lopulla aloitettu Myllypuron lämpökeskuksen modernisointi
- Vuosaaren A-voimalaitoksen hankintavaiheeseen edennyt automaation ja sähköistyksen uudistamisprojekti.

Keskeisimpiä ulkoisia kohteita ovat:

- Lahden Energian Kymijärven voimalaitoksen prosessijärjestelmien suunnittelu
- Joensuun Kaupungin lämpöpumppuhankkeen esisuunnittelu
- Ahvenkosken vesivoimalaitoksen turbiinin modernisoinnin ja siihen liittyvän sähkö- ja automaatiouudistuksen eteneminen hankintavaiheeseen
- Suomen Merituuli Oy:n Inkoon-Raaseporin ja Kristiinankaupungin Siipyyn tuuli-voimahankkeiden teknisen yleissuunnittelun jatkaminen ja hankkeitten YVA-selostuksen valmistuminen.

HelenLämpö vastaa kaukolämpöliiketoiminnasta. Kaukolämmön kysyntä riippuu talven lämpötiloista. Viime vuoden ollessa erittäin kylmä myös kaukolämmön myynnissä saavutettiin ennätyslukema 7360 GWh. Kaukolämpöjärjestelmää laajennettiin eri puolille Helsinkiä uutena alueena Kuusisaari. Helsingin Energian kaukolämmölle myönnettiin Helsingin kaupunginjohtajan laatupalkintokilpailun ensimmäinen palkinto.

Kunniamaininta saavutettiin myös Laatukeskuksen myöntämänä pitkäjänteisestä, asiakaslähtöisestä ja energiatehokkaasta toiminnasta.

Energian tuotanto- ja jakelujärjestelmien kunnossapitopalveluista vastaa HelenService. Liiketoiminnon päätehtävä on Helen-konsernille tehtävät kunnossapitotyöt. Lisäksi toteutettiin teollisuus- ja energia-asiakkaille lukuisia huolto- ja korjaustoimeksiantoja. Helsingin kaupungin liikennelaitoksen kanssa uudistettiin sähkötekniikan kunnossapidon ja suunnittelupalvelujen sopimukset viisivuotisiksi. HelenService on mukana suunnittelemassa maan alle rakennettavia sähköasemia sekä asentamassa ja käyttöönottamassa niitä. [1, s. 8 - 11.]

## 2.2 Erilliset liiketoimintayksöt

HelenUlkovalaistus tuottaa Helsingin julkisen ulkovalaistuksen kokonaispalveluna. Ulkovalaistuksessa kiinnitetään huomioita ekotehokkuuteen. Valopisteitä uudistetaan nyt ja tulevaisuudessa vaihtamalla elohopealamppuvalaisimia suurpainenatrium- tai monimetallilamppuvalaisimiksi. Viankorjauksen tehostumisen ansiosta vikojen keskimääräinen korjaus aika oli kuusi päivää. Vuoden 2010 lopussa Helsingissä oli noin 83 600 valaistuspistettä.

HelenKiinteistöt isännöi ja kehittää Helsingin Energian kiinteistöjä. Tilavuokrasta kertyi 13,3 miljoonaa euroa, joista puolet ulkoisilta asiakkailta ja loput sisäisiltä asiakkailta tilavuokrana. Helsingin Energia ja Academica Oy toteuttavat ekotehokkaasti toimivan palvelinsalin entisiin sähköasematiloihin Helsingin Suvilahdessa. Palvelinsalin lämmitysteho, joka vastaa 2000 omakotitalon lämmitys- ja lämpimänkäyttöveden tarvetta, saadaan hyötykäyttöön. Lämpö saadaan siirrettyä lämpöpumpun avulla kaukolämpöverkoon. Helsingin Energialle myönnettiin tästä innovaatiosta merkittävä kansainvälinen IT-alan tunnustus (2010 Green Enterprise IT Award).

HelenTunnelit vastaa energiatunneliverkostosta, jonne on sijoitettu kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen siirtoputkistot. Tunnelleihin on asennettu myös suur- ja keskijännitekaapelit, valokuitukaapelit, sekä vesiputkiverkoston pääputket. Tunneliverkoston yhteispituus on noin 60 kilometriä. [1, s. 11.]

ICT-palvelut vastaa Helsingin Energian tietojärjestelmästä, tietotekniikka- ja tietoliikennepalveluista. Viesti- ja teletekniikkaan kuuluvat HelenNet-radiopuhelinverkko ja valokuituverkkopalvelut. [3, s. 42.]

### 2.3 Palvelutoiminnot

Konsernipalveluihin kuuluvat henkilöstöhallinto, talous, kiinteistönhoito sekä yritysturvallisuus [1, s. 24]. Asiakaspalvelu ja viestintä sisältävät muun muassa yli 30 vuotta jatkuneen valtakunnallisen ja puolueettoman energianeuvonnan [www.energianeuvoja.fi](http://www.energianeuvoja.fi)-palvelun. Asiakaspalvelun tehtävänä on palvella laadukkaasti, kustannustehokkaasti ja monipuolisesti Helsingin Energian eri asiakasryhmiä. Suomalaiset arvioivatkin Helsingin Energian alan parhaaksi asiakaspalvelussa EU-komission aloitteesta toteutetussa Epsi Rating -tutkimuksessa. [3, s. 40.]

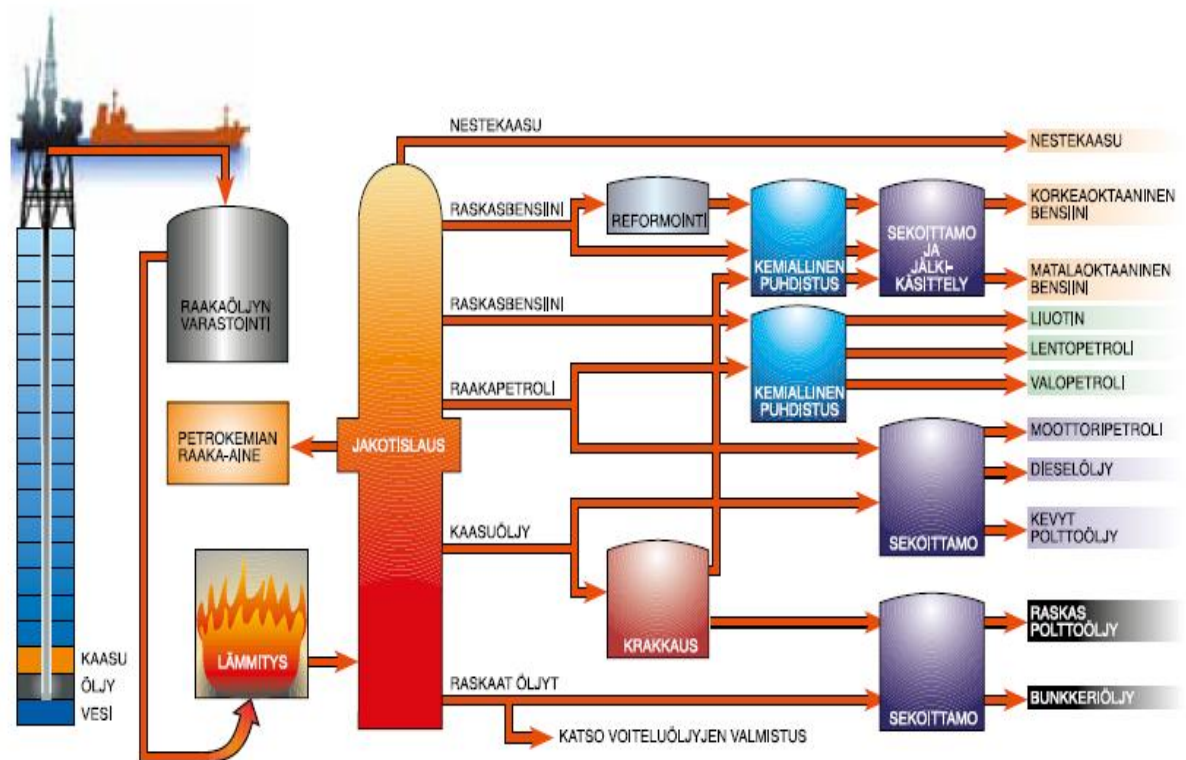
## 3 Alppilan lämpökeskus ja esiselvitys

Alppilan lämpökeskus on otettu käyttöön vuonna 1965, ja se on Helsingin Energian vanhin lämpökeskus. Helsingin kasvu on edelleen voimakasta kantakaupungin alueella, joten Alppilan lämpökeskuksen modernisointi on nyt ajankohtaista. [4.]



Kuva 3. Lämpökeskuksen kattila asennettuna 1965 [4]

Modernisointi toteutetaan kahdessa vaiheessa, ensimmäinen vuosina 2010 - 2011 ja toinen vuonna 2014. Ensimmäisessä vaiheessa prosessia eli tapaa tuottaa kaukolämpöä uudistetaan polttoainemuutoksen vuoksi. Ennen Alppilassa käytettiin raskasta polttoöljyä ja modernisoinnissa uutena polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä. Kevyt polttoöljy höyrystyy, ja raskas polttoöljy ei. Kevyen polttoöljyn lämpötilaa tulee tarkastella painemittauksien avulla. Paineen saavuttaessa kriittisen arvon, polttoöljy ohjataan takaisin säiliöön venttiiliohjauksien avulla. Tätä varten prosessiin lisätään uusi putkilinja. Uusi putkilinja tarkoittaa samalla uusia venttiileitä, ohjauksia, mittauksia ja toimilaitteiden sähköistystä. [5.]



Kuva 4. Polttoaineiden valmistusprosessi [6, s. 8]

Polttoaineen tuotantoprosessilla voidaan jalostaa useita erilaisia polttoaineita (kuva 4), mikä vaikuttaa oleellisesti kaasuuntumis- ja leimahtamislämpötilaan. Huomataan selkeästi kevyen polttoöljyn jalostusasteen ero raskaaseen polttoöljyyn. Kevyt polttoöljy kuuluu siis kaasuöljyihin eikä vaadi esilämmitystä, kuten raskas polttoöljy. Jähmeäpiste on lämpötila, jossa raskas polttoöljy alkaa muuttua juoksevasta jäykäksi. Raskaan polttoöljyn lämpötilaa säiliössä pidetään  $30^{\circ}\text{C}$ :n asteessa ja öljyn imukohdassa lämpötila nostetaan suulämmittimellä  $50 - 70^{\circ}\text{C}$ :een öljyalaadusta riippuen. Tämä tarkoittaa lisäenergian kulutusta, joka lisää päästöjä. Tämän vuoksi on perusteltua valita

jalostetumpi ja kalliimpi kevyt polttoöljy. Aikaisemmin on käytetty paljon raskasta polttoöljyä, ja nyt siitä pyritään pääsemään eroon ympäristöstrategian mukaisesti. Strategiaa pyritään minimoimaan päästöt ja ympäristöhaitat.

Taulukko 1. Raskaan polttoöljyn keskimääräisiä ominaisuuksia [7, s. 173]

		POR 180	POR 380
Tehollinen lämpöarvo, laskettu	MJ/kg	40,8	40,7
Viskositeetti, 50 °C	mm <sup>2</sup> /s	178	375
Tiheys, 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	970	975
Leimahduspiste	°C	75	75
Vesi	til-%	0,3	0,3
Rikki	p-%	2,3	2,4
Sedimentti	p-%	< 0,1	< 0,1
Tuhka	p-%	< 0,1	< 0,1
Vanadiini	mg/kg	110	120
Natrium	mg/kg	30	30
Nikkeli	mg/kg	30	30
Hiiltojäännös	p-%	11	12

Taulukko 2. Kevyen polttoöljyn keskimääräisiä ominaisuuksia [7, s. 174]

		Tyypillinen arvo
Tehollinen lämpöarvo, laskettu	MJ/kg	42,9
Viskositeetti, 20°C	mm <sup>2</sup> /s	2,7
Tiheys, 15°C	kg/m <sup>3</sup>	830
Leimahduspiste	°C	65
Samepiste	°C	– 31
Suodatettavuus	°C	– 36
Vesi	mg/kg	< 200
Rikki	p-%	< 0,2
Sedimentti	p-%	< 0,01
Tuhka	p-%	< 0,01
Tislaus, til-% haihtunut	°C	
80		270
95		300
Hiiltojäte 10 %:n pohjasta	p-%	< 0,2

Taulukoissa 1 ja 2 kannattaa tarkastella eroja viskositeetin osalta. Kevyiden polttoöljyjen viskositeetti ilmoitetaan +20°C:n asteessa ja raskaan polttoöljyn +50°C:n asteessa.

Viskositeetillä on tärkeä vaikutus öljyn pumppaamisessa. Öljyn juoksevuuden on oltava suuhtimessa oikea, jotta sumuttaminen olisi riittävää ja palaminen optimaalista tai edes mahdollista. Öljyn viskositeetti pienenee, kun öljyn lämpötila kasvaa. Taulukossa 2 näkyy tärkeä tieto eli sameapiste, joka on keskimäärin  $-31^{\circ}\text{C}$  astetta. Tämä voidaan jakaa kesälaatuun  $-1^{\circ}\text{C}$ , talvilaatuun  $-23^{\circ}\text{C}$  ja erikoistalvilaatuun  $-30^{\circ}\text{C}$ . Sameassa pisteessä öljy muuttuu kirkkaasta sameaksi. Lämpötila-arvoista havaitaan, että kevyt polttoöljy ei vaadi esilämmitystä ollenkaan ja raskas polttoöljy edellyttää lämmityslaitteet, jotta öljyä pystyttäisiin pumppaamaan. [7, s. 174, 178.]

### 3.1 Prosessisähköistyksen esiselvitys

Prosessisähköistyksen esiselvitystä tehdessä on tärkeä selvittää, miten aikaisempi prosessi on toiminut. Prosessin asiantuntijalta saadaan lähtötiedot siitä, miten prosessia uudistetaan soveltuvaksi uudelle polttoaineelle.

Näiden tietojen pohjalta saadaan tietää, mitä uusia sähköistettäviä laitteita on, kuten pumppumoottorit, puhallinmoottorit ja venttiilitoimilaitteet. Näistä saadaan kaikki tarvittavat tekniset tiedot, ja voidaan tarkastella hankintoja. Konepuoli hankkii tavallisesti pumput, puhaltimet, venttiilit ja mahdollisesti myös moottorit. Moottorihankinta voi myös usein kuulua prosessisähkön hankintoihin. Oleellisia tietoja ovat pumppujen käytötavat ja kierrosnopeudet sekä venttiilien ajoajat.

Prosessiin liittyvät hankinnat tehdään siis vaiheittain seuraavassa järjestyksessä:

1. prosessi ja kone, johon ainakin kuuluvat öljysäiliöt, kattilat, pumput, puhaltimet, venttiilit ja prosessin vaatimat putkilinjat
2. prosessisähkö hankkii näiden tietojen jälkeen venttiilitoimilaitteet, sähkökoneet, taajuusmuuttajat, keskuksset, kojeiston ja muuntajat
3. prosessi LVI:n laitehankinnat kuten jäähdytys, CO<sub>2</sub> ja muihin prosessin käyttöön ja suojaamiseen liittyvät laitteet
4. automaatiolle kuuluvat anturit, keskuksset ja automaatiojärjestelmät, joiden avulla prosessia ohjataan ja valvotaan.

Alppilassa hankintoja ei 1. vaiheen modernisoinnissa tehdä edellä mainitun listauksen laajuudessa. Modernisoinnin 2. vaihe käsittää koko lämpökeskuksen modernisoinnin ja tuolloin hankinnat sisältävät todennäköisesti kaiken paitsi 10 kV kojeiston ja nyt uusittavat kolme öljypumppumootoria. Tämä koskee siis hankintoja ainoastaan prosessisähkön osalta.

Esiselvityksessä käydään lisäksi läpi lämpökeskuksen 400 V keskuksia ja näiden vapaat käytettävissä olevat lähdöt. Näin varmistetaan, että uusia keskuksia ei jouduta hankkimaan. Käydään siis läpi keskuskaaviot, pääkaaviot ja piirikaaviot. Näiden lisäksi sähköntasokuvien avulla saadaan selville keskuksien sijainnit, mikä helpottaa suunnitteluvaihetta. Esiselvityksen jälkeen pystytään aloittamaan prosessisähkön suunnittelu.

### 3.2 Rakennussähkön esiselvitys

Tilaajan asiantuntija ilmoittaa sähköistettävät alueet ja yksittäiset lisäykset. Tämän jälkeen sähkösuunnittelija käy läpi toteutusvaihtoehdot. Isoin päätös tässä on, hankitaanko uusia sähkökeskuksia vai käytetäänkö vanhojen keskuksien vapaita lähtöjä. Tämä käydään läpi esiselvityksen tuloksissa, jonka jälkeen aloitetaan sähkösuunnittelu.

## 4 Rakennussähkö

Rakennussähkö, ICT ja LVIA muodostavat kokonaisuuden, talotekniikka. Nämä tarkoittavat rakennuksen valaistusta, pistorasioita, telejärjestelmää, rakennusautomaatioita, lämmitystä, vettä ja ilmastointia. Alppilan osalta keskitytään kiinteistön valaisemiseen, maadoituksiin ja käyttöönottotarkastuksiin.

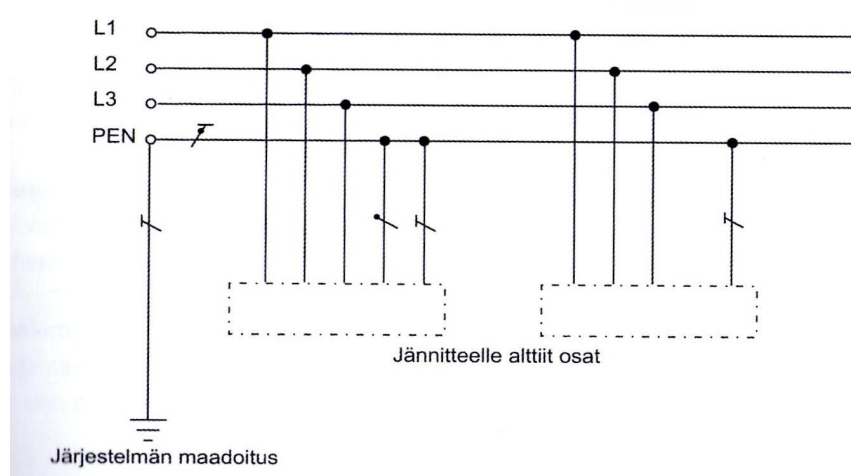
### 4.1 Maadoitukset ja potentiaalintasaukset

Luku koskee ilman erillistä mainintaa enintään 1000 V:n järjestelmien maadoituksia.



#### 4.1.1 TN-C - järjestelmä

Suunnittelun lähtökohtana on se, että siirtymäajan aikana eli kolmen vuoden ajanjaksolla lämpökeskuksessa on sekä uutta että vanhaa järjestelmää. Vanhat asennukset on toteutettu TN-C - järjestelmällä, jossa nolla- ja suojamaadoitustoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen koko järjestelmässä. Kaikki uudet keskuksat asennetaan TN-S - järjestelmään, jossa on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin. Uusien asennuksien jälkeen lämpökeskuksessa on TN-C-S - järjestelmä eli nolla- ja suojamaadoitustoiminnot on yhdistetty yhteen osaan järjestelmässä.

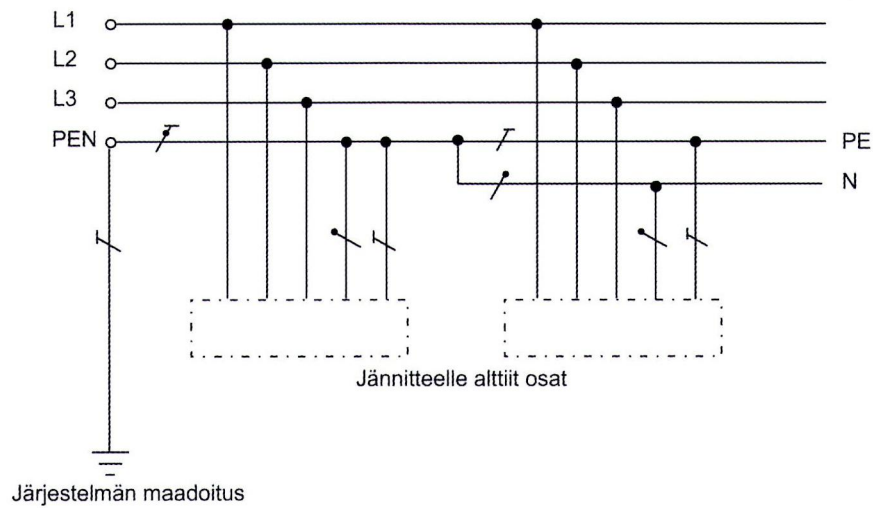


Kuva 5. TN-C - järjestelmä [8, s. 27]

Vuonna 1965 käyttöön otettu lämpökeskuksen maadoitusjärjestelmä on toteutettu TN-C - järjestelmän mukaisesti. Kuvassa 5 havaitaan nelijohdinjärjestelmän vaihtoehtoiset kytkennät.

#### 4.1.2 TN-C-S - järjestelmä

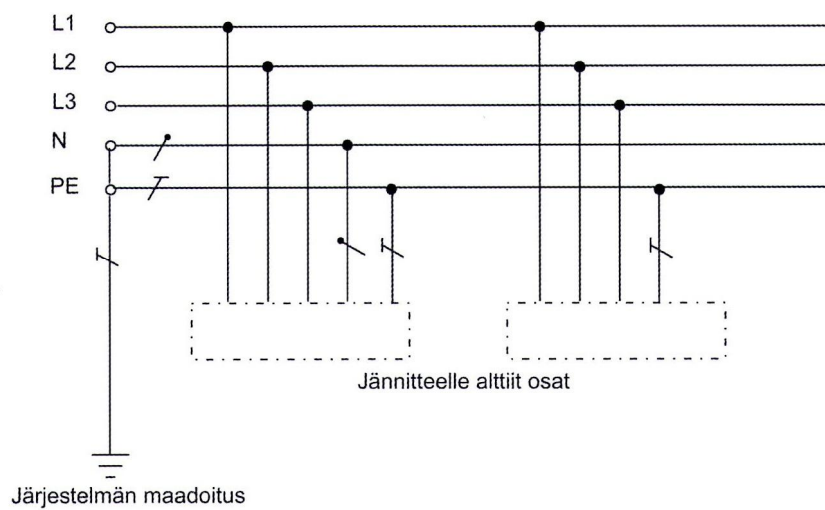
Uusien asennuksien myötä järjestelmä muuttuu TN-C - järjestelmästä TN-C-S - järjestelmään. Vanhoissa keskuksissa on siis vain PEN-kisko ja uusissa hankittavissa keskuksissa taas on erikseen PE-kisko ja N-kisko. Kuvasta 6 nähdään uuden keskuksen kytkentä esimerkki, kun ajatellaan oikean puoleisen jännitteelle alttiin olevan osan kuvaavan uutta ryhmäkeskusta. Uudet keskuksat säästetään, mikä tulee ottaa huomioon sähkösuunnittelussa.



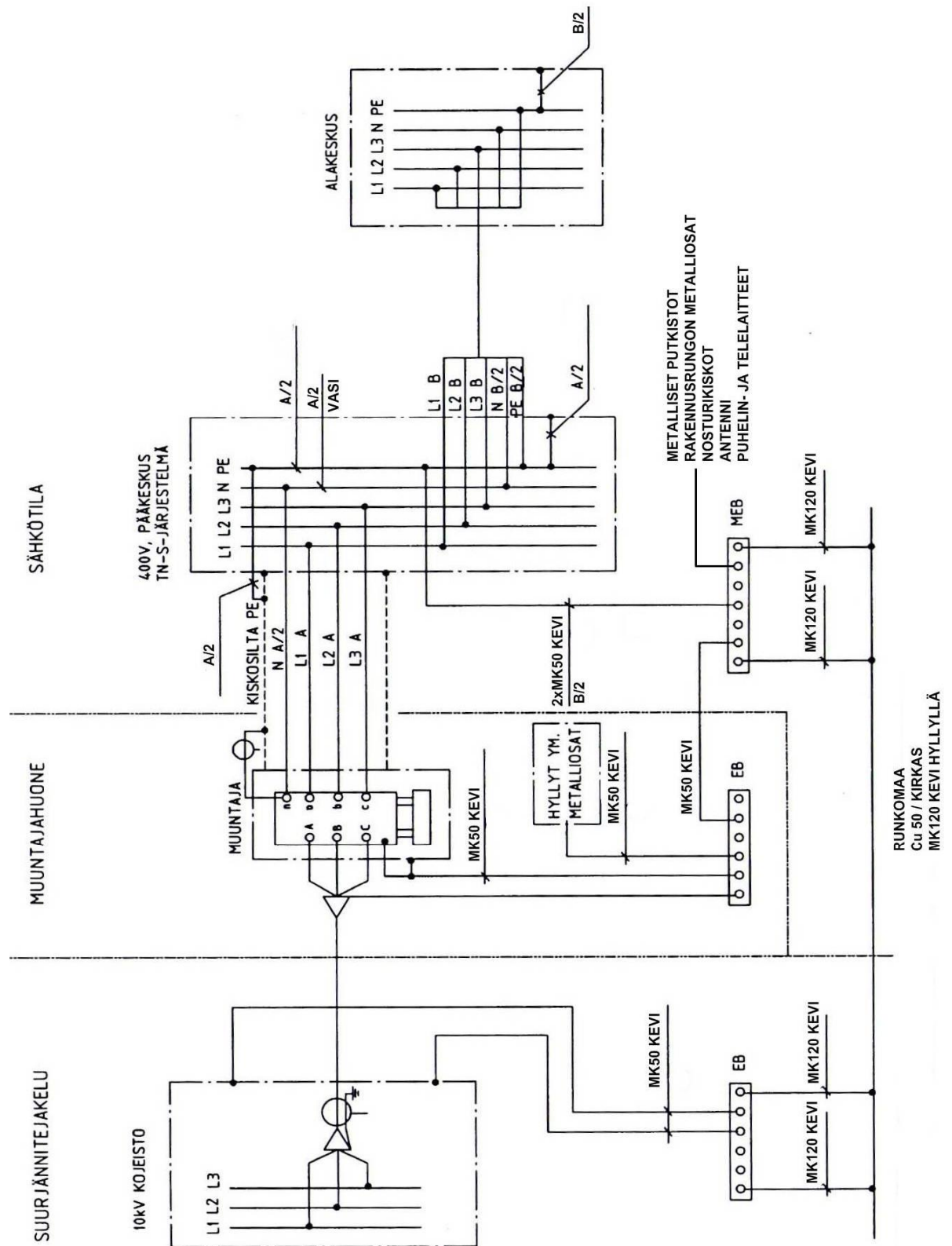
Kuva 6. TN-C-S -järjestelmä [8, s. 26]

#### 4.1.3 TN-S -järjestelmä

Kuva 7 esittää tilannetta modernisoinnin 2. vaiheen jälkeen. Tuolloin on purettu kaikki vanhat PEN-kiskokeskukset ja säilytetty ainoastaan keskukset, jotka on rakennettu TN-S -järjestelmän mukaan.



Kuva 7. TN-S -järjestelmä [8, s. 26]



Kuva 8. Maadoituksen mallikuva [8, s. 118]

Kuvassa 8 näkyy TN-S - järjestelmän maadoitusverkko. Huomataan myös yli 1000 V maadoitukset koskien 10 kV:n kojeistoa sekä muuntajan ensiöpuoli. Järjestelmän jakokeskukset varustetaan sekä N- että PE-kiskoilla. Pääkeskukselle tulevat suojajohtimet 2 kpl MK50 liitetään PE-kiskoon merkinnällä G varustetussa kennossa. Samoin 400 V keskuksissa on merkittävä PE- ja N-kiskon yhdistäminen merkillä.

Alakeskusten suojajohtimena käytetään MCMK tai AMCMK syöttökaapelin konsentrista johdinta [8, s. 114].

Huomataan lisäksi, että kuvassa 8 nolla ja PE on yhdistetty muuntajassa ja vaihtoehtoisesti yhdistys voidaan tehdä myös pääkeskuksessa. Tarkennettuna PEN - yhdistys on syöttävään verkkoon päin eikä suinkaan kiinteistöön päin. Kiinteistön kojeistoa siis syötetään nelijohdin kaapelilla ja muuntajalle tulee myös nelijohdinkaapeli. Pääkeskukselle voidaan siis vaihtoehtoisesti vetää muuntajan toisiosta, joko nelijohdinkaapeli tai viisijohdinkaapeli kuvan 8 mukaisesti. Yleisempää on kuitenkin, että PEN erotetaan vasta pääkeskuksella PE- ja N-kiskoon.

#### 4.1.4 Suojajohtimen valinta

Suojajohtimet valitaan joko laskemalla kaavalla 1 tai valitsemalla taulukon 3 (ks. seuraava sivu) mukaan. Kun kyseessä on suuret johdinpoikkipinta-alat, on järkevää laskea nämä kaavan avulla, koska tällöin päästään usein taloudellisempaan lopputulokseen.

$$A = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} = \text{mm}^2, \quad (1)$$

jossa

A on johtimen poikkipinta-ala ( $\text{mm}^2$ ),

I on suojalaitteen kautta kulkevan vikavirran tehollisarvo (A),

t on suojalaitteen toiminta- aika (s),

k on kerroin, jonka arvo riippuu suojajohtimen raaka-aineesta, eristyksestä ja muusta rakenteesta sekä johtimelle sallituista alku- ja loppulämpötiloista.

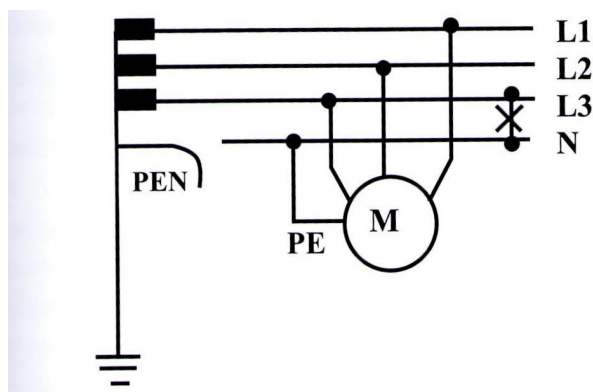
Taulukko 3. Suojajohtimen ja äärijohtimen poikkipintojen suhteet [8, s. 29]

Äärijohtimen poikkipinta $A \text{ (mm}^2\text{)}$	Pienin sallittu suojajohtimen poikkipinta $A_p \text{ (mm}^2\text{)}$
$A \leq 16$	$A$
$16 < A \leq 35$	16
$A > 35$	$A/2$

Taulukon johtimien suhteissa on huomioitava, että johtimien metallit on oltava samat. Jos näin ei ole, tulee verrata johtimien johtavuuksia keskenään soveltaen taulukkoa 3. [8, s. 29.]

#### 4.1.5 PEN-johtimet

TN-C - järjestelmän käyttö voi aiheuttaa vaaratilanteita, joista yksi esimerkki moottorin syötöstä.



Kuva 9. PEN-johtimen katketessa voi nollajohtimeen ja jännitteelle alttiisiin osiin tulla vaihejännite [8, s. 33]

Moottoria syötetään kolmella vaihejohtimella ilman nollajohdinta. Moottorit tulee kaikissa tapauksissa aina maadoittaa ja tällöin on usein mahdollista, että maadoitus on otettu PEN-johtimesta. Tämä on sallittua, muttei suositeltavaa häiriösuojaukseen liittyvistä syistä. Jos kuitenkin päätetään toteuttaa maadoitus kyseisellä tavalla, tulee PEN-johtimen poikkipinnan oltava vähintään  $10 \text{ mm}^2$  kuparia tai  $16 \text{ mm}^2$  alumiinia. Tällöin ei ole suurta vaaraa PEN-johtimen katkeamiseen (kuva 9) ja tästä aiheutuvaan vaaratilanteeseen. PEN-johtimen katkeaminen seurauksena virta voi kulkea nollajohtimen

kautta syötettävän moottorin PE-liitokseen, tehden moottorin rungon vaarallisen jännitteiseksi. [8, s. 33 - 34.]

## 4.2 Kiinteistöjen valaistus

Valaistaessa kiinteistöjä on suunnittelijan hallittava valaistustekniikan peruskäsitteet, laskukaavat ja valaistussuosituksset. Keskitytään valaistuksen osalta sisätilojen valaistamiseen.

### 4.2.1 Valaistussuosituksset

Suomen Valoteknillisen Seuran julkaisussa (9/1986) on esitetty laajat suositukset eri tilojen valaistusvoimakkuuksista. Taulukossa 4 on esitetty suositukset tiivistettynä yleisvalaistuksen osalta. Arvot perustuvat näkötehtävien vaatimuksiin, näkömukavuuteen, turvallisuuteen, taloudellisuuteen ja käytännön kokemuksiin.

Taulukko 4. Eri näkötehtävien vaatimat valaistusvoimakkuudet [10, s. 6]

Suosittelava valaistusvoimakkuus (lx)	Tila tai työskentelyolosuhde	Esimerkkejä
20...30...50 50...75...100	Ulkotyöaluiden yleisvalaistus Kulkuväylät, lyhytaikainen oleskelu	
100...150...200	Tilat, joita ei käytetä jatkuvasti työskentelyssä	Eteiset, aulat, käytävät, varastot,
200...300...500	Yksinkertaisten näkötehtävien tilat	Paperikonesalit, maalaamot, karkea kone- ja penkkityö
300...500...750	Kohtuullista tarkkuutta vaativien näkötehtävien tilat	Toimistot, luokkahuoneet, laboratoriot,
500...750...1000	Tarkkuutta vaativat näkötehtävät	itsepalvelumyymälät Pankkien asiakaspalvelu, avotoimistot, melko tarkka kone- ja penkkityö mm
750...1000...1500	Suurta tarkkuutta vaativat näkötehtävät	automaattikoneet, valvomot Tarkkuutta vaativa toimistotyö, värintarkastus
1000...1500...2000	Erittäin suurta tarkkuutta vaativat näkötehtävät	Värintarkastus, värinmäärittely, tarkka kone- ja penkkityö, tarkka piirustustyö
1000... 2000...3000	Pitkäaikaiset erittäin vaativat näkötehtävät	Mikroelektroniikka, käsinkaiverrus, mikroskopiointi,

Jokaiselle alueelle määritellään tila tai työskentelyolosuhde ja tämän mukaan saadaan suositeltu valaistusvoimakkuus (lx). Laskennassa voidaan käyttää esimerkiksi maksutonta DIALux ohjelmaa. Ohjelmasta on tehty myös erittäin helppokäyttöinen DIALux Light versio. Tällöin määritellään huoneen leveys ja korkeus, valaisimen asennustaso, valaistavan kohteen taso, valaisimen tyyppi sekä lampun tyyppi. Lopuksi ohjelmaan syötetään haluttu valaistusvoimakkuus arvo esimerkiksi luokkahuone 500 lx. Ohjelma laskee vaadittujen valaisimien määrän ja tekee niistä sijoituskuvan.

Valaistusvoimakkuuden määrittelyn jälkeen voidaan tarkastella kontrastintoistosuhdetta CRF. Kohdetta katsottaessa annetusta suunnasta muodostuu kohteen ja kohteen ympäristön välille kontrastisuhde. Tämän mittaaminen on kuitenkin käytännössä erittäin hankalaa ja tämän vuoksi on kehitetty suure CRFR eli standardikohteen kontrastintoistosuhde. Tällöin valitaan kaksi standardi pintaa joiden luminanssit tunnetaan eli kohteen luminanssi ja taustan luminanssi. Esimerkiksi kohde voi olla valkoinen A4 kokoinen paperi ja taustana vaalean harmaa työtaso. Tämän jälkeen voidaan laskea kontrastisuhde kaavalla

$$K = \frac{L_2 - L_1}{L_1}, \quad (2)$$

jossa

$L_1$  on taustan luminanssi,

$L_2$  on kohteen luminanssi.

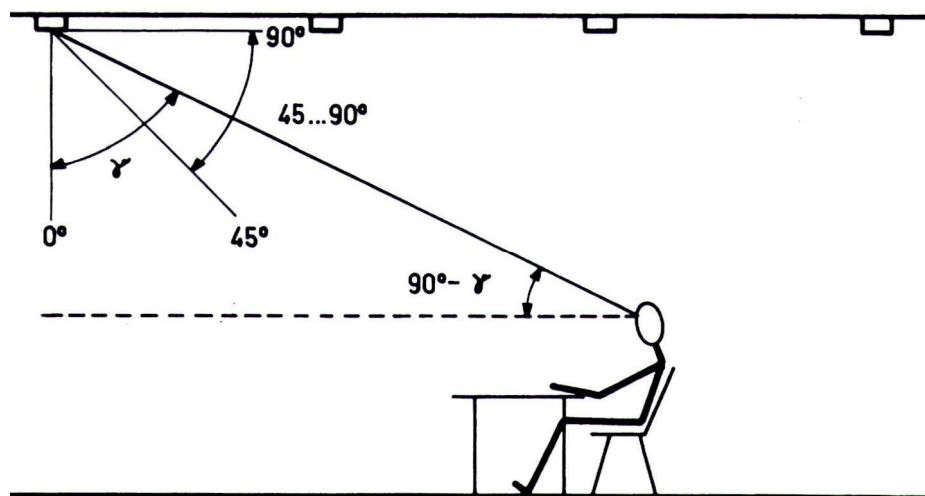
Lopputulos kertoo kontrastintoistoluokan, jotka on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Kontrastiluokat [10, s. 7]

Kontrastintoistoluokka	Standardinäkökohteen kontrastintoistosuhde	Käyttöalueet lukemisessa ja kirjoittamisessa
1	$CRFR \geq 1,0$	Tilat, joissa pääasiassa käytetään kiiltävää paperia
2	$CRFR \leq 1,0$	Tilat, joissa kiiltävää paperia käytetään vain ajoittain esim. toimistot ja koulut
3	$0,75 \geq CRFR < 0,9$	Tilat, joissa käytetään tavallisesti himmeää paperia kuten koulut ja tietyt toimistot

Kontrastisuhteella tarkoitetaan siis kirkkauksien suhteita eli kahden luminanssin suhdetta. Käytännössä mitä suurempi kontrastisuhde, sitä paremmin erottuvat musta ja valkoinen sekä eri värisävyt. Huono kontrasti aiheuttaa kiiltokuvastumista, joka on tyypillinen ongelma esimerkiksi avokonttoreissa. Parhaaseen tulokseen päästään kun kohteen luminanssi on suuri ja taustan luminanssi pieni. Kirkkaan valkoinen työpöytä on siis aina erittäin huono ratkaisu, valitaan siis väriksi vaikkapa vaalean harmaa.

Häikäisy on yksi haasteellisimpia valaistuksen alueita, joka jaetaan kiusahäikäisyksi ja estohäikäisyksi. Estohäikäisy heikentää näkemistä, mutta ei välttämättä aiheuta epämiellyttävää tunnetta. Kiusahäikäisy aiheuttaa epämiellyttävän tunteen, mutta ei välttämättä estä näkemistä. Sisävalaistuksessa kiusahäikäisy on todennäköisempi vaihtoehto. Kiusahäikäisyn lähteenä on usein valonlähde ja eli suora häikäisy, jonka rajoittamiseen on olemassa kaksi tapaa. Valaisimissa voidaan käyttää valoa hajottavia tai taittavia osia. Toinen tapa on käyttää häikäisysojia, jota valo ei läpäise. [10, s. 6 - 8.]



Kuva 10. Luminanssin rajaaminen hajotussuojauksella tai rajaussuojakusella [10, s. 8]

Suoran häikäisyn kannalta valaisimen luminanssi on rajoitettava kulma-alueella  $\gamma = 45...90^\circ$  (kuva 10).



Suoralle kiusahäikäisylle voidaan käyttää IES-häikäisyindeksiä taulukon 6 mukaan.

Taulukko 6. IES-häikäisyindeksi [10, s. 8]

IES-häikäisyindeksi	Tilat ja tehtävät
13...16	Mittakojien valmistus, kellosepät, jalokivityö, museot, taidenäyttelyt, toimistot, joissa suoritetaan vaativia näkötehtäviä, maisematoimistot, näyttöpäätetyö
16...19	Tavallinen toimistotyö, luokkahuoneet, asiakaspalvelutilat (pankit, vakuutusyhtiöt), erittäin tarkka teollisuustyö
19...22	Tarkka teollisuustyö, myymälät, tavaratalot
22...25	Tavallinen karkea teollisuustyö, konehallit
25...28	Raskas teollisuus

Häikäisy indeksi määritellään NB-luokittelulla, jossa valaisimet luokitellaan lähinnä häikäisyominaisuuksien perusteella 20 BK-luokkaan. esimerkin vuoksi tarkastellaan taulukkoa 7:

Taulukko 7. Valaisimen NB-tilatiedot [10, s. 4]

Valaisin:		Asea Skandia Roundline MAXI 8010/258-60							
Valonlähteet:		2x58W							
Valaiseva pinta-ala:		2870 cm <sup>2</sup>							
Valovirta: ylös/alas/1000 lm		0/625							
Hyötysuhde:		63 %							
HEIJASTUMISSUHDE									
Katto	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0
Seinät	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,1	0
Lattia/työtaso	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Huoneindeksi		VALAISTUSHYÖTYSUHDE %							
k =	0,60	32	28	25	32	27	24	24	23
	0,80	40	35	32	39	35	32	34	30
	1,00	45	41	38	44	40	38	40	36
	1,25	50	46	43	49	45	43	44	40
	1,50	54	50	47	52	49	46	48	44
	2,00	58	55	52	56	53	51	52	48
	2,50	61	58	55	59	56	54	55	51
	3,00	63	60	58	60	58	56	57	53
	4,00	65	63	61	63	61	59	59	55
	5,00	66	65	63	64	63	61	60	56
VALAISTUSVOIMAKKUUDEN TASAISUUS JA VALAISINETÄISYYDET									
R (n. 70 %) s/h <sub>m</sub> (max)		Tasaisuus = 73 % poikittain 1,6    pitkittäin 1,2				Tasaisuus = 66 % poikittain 1,7    pitkittäin 1,3			
KIUSAHÄIKÄISY									
Katsesuunta valaisimiin nähdessä	Luokka	Valaisin kohtainen korjaus, b <sub>a</sub>			S/h <sub>m</sub>		Vaihtelu		
Poikittain	BK1	18 W:			1,0		+2,3 / -7,1		
		36 W:			1,5		+4,0 / -13,6		
		58 W:			2,0		+5,9 / -20,0		
Pitkittäin	BK1	18 W:			1,0		+1,3 / -2,0		
		36 W:			1,5		+1,8 / -4,4		
		58 W:			2,0		+3,3 / -7,3		

Taulukossa 7 oleva BK-luokka kertoo likimääräisesti häikäisysojauksen tasosta. Mitä pienempi BK-luokka sitä parempi häikäisysojaus. Luvussa 4.4.2 perehdytään laskennallisiin menetelmiin myös huoneindeksin määrittämisen osalta.

Lopuksi voidaan vielä tarkastella taulukkoa 8, jossa on määritelty värintoistoluokat ja suositukset eri käyttökohteisiin.

Taulukko 8. Värintoistoluokka ja värintoisto-ominaisuudet [10, s. 9]

Värintoisto-luokka	Värintoisto-ominaisuudet	Väri-vaikutelma	Käyttökohteita	
			Suosittelava	Hyväksyttävä
1A	$R_a \geq 90$	Lämmin Neutraali Kylmä	Värintarkastus, graafinen teollisuus, tekstiiliteollisuus, tutkimusvalaistus sairaalat, taidegalleriat	
1B	$80 \leq R_a < 90$	Lämmin Neutraali	Asunnot, hotellit, ravintolat, myymälät, toimistot, koulut, sairaalat	
		Neutraali Kylmä	Graafinen teollisuus, tekstiiliteollisuus, vaativa teollisuustyö	
2	$60 \leq R_a < 80$	Lämmin Neutraali Kylmä	Hieno teollisuustyö, urheiluhallit	Toimistot, koulut, tavaratalot, myymälät, vaativa teollisuustyö
3	$40 \leq R_a < 60$	Lämmin Neutraali Kylmä	Useimmat teollisuustyötilat, varastot	Toimistot, koulut, tavaratalot, myymälät, hieno teollisuustyö, urheilutilat
4	$20 \leq R_a < 40$	Lämmin Neutraali Kylmä		Karkea teollisuustyö, varastot, lastauslaiturit

Suunnittelijan tulee ottaa kaikki valaistuksen osa - alueet huomioon, jotta kohde on valaistu oikein käyttötarkoituksen mukaisesti. Lyhyesti voitaisiin, että riittävä valaistus ei ole sama asia kuin hyvä valaistus.

#### 4.2.2 Peruslaskukaavat

Hyötysuhtemenetelmällä lasketaan huoneen keskimääräinen valaistusvoimakkuus (lx)

$$E = \frac{\eta \cdot \beta \cdot n \cdot \phi}{A}, \quad (3)$$

jossa

$\eta$  on valmistajan ilmoittama valaisinten hyötysuhtetaulukosta saatava valaistuksen kokonaishyötysuhde,

$\beta$  on valaistuksen alenema kerroin,

$n$  on valaisinten lukumäärä,

$\phi$  on yhden valaisimen lamppujen yhteen laskettu valovirta (lm),

$A$  on valaistavan huoneen pinta-ala ( $m^2$ ).

Oikean kokonaishyötysuhteen valitsemiseen tarvitaan huoneindeksi, joka lasketaan kaavalla

$$k = \frac{l \cdot b}{h_m \cdot (l + b)}, \quad (4)$$

jossa

$l$  on huoneen pituus ( $m$ ),

$b$  on huoneen leveys ( $m$ ),

$h_m$  on valaisimen etäisyys työtasosta ( $m$ ).

Lisäksi on otettava huomioon huoneen seinien, katon ja lattian heijastumissuhteet.

Valaistusvoimakkuus voidaan laskea myös pistemenetelmällä

$$E_{PT} = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}, \quad (5)$$

jossa

$I$  on valaisimen valovoima ( $cd$ ).

$\alpha$  on valon tulokulma valaisimesta laskenta pisteeseen.

$h$  on valaisimen etäisyys laskentapisteestä. [10, s. 3-5.]

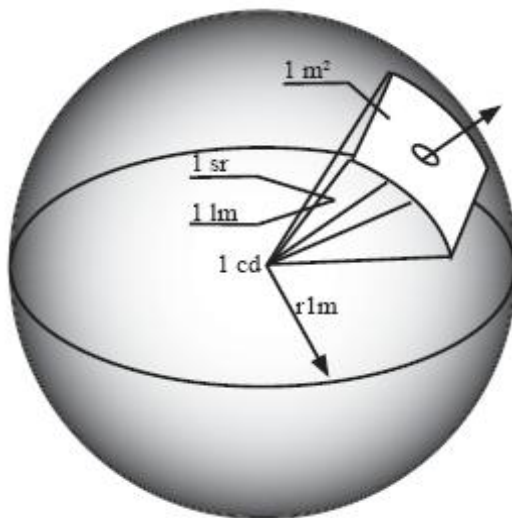
Pistemenetelmää käytetään ulkovalaistuksen laskentaa. Otetaan valaisin pylvään pituus  $h$  ja tämän jälkeen valitaan haluttu valaistava piste. Saadaan kolmio ja lasketaan tästä kulma

$$\alpha = 90^\circ - \arctan \cdot \frac{h}{P}, \quad (6)$$

jossa

$P$  on valaistavan pisteen etäisyys valaisinpylvään juuresta eli kolmion tangenti,

$h$  on kolmion pystysuora tangenti.



Kuva 11. Avaruuskulma

Avaruuskulma lasketaan kaavalla

$$\omega = \frac{A}{r^2}, \quad (7)$$

jossa

$A$  on pallopinnalle muodostuva pinta-ala,

$r$  on pallon säde.

Täysi avaruuskulma on  $4\pi$  steradiaania.

Valovoiman ja valovirran ero on käytännössä:

- valovirta  $\phi$  lumen kertoo, kuinka voimakas valonlähde kokonaisuudessaan on
- valovoima  $I$  kandela kertoo valonlähteen voiman tietylle pinta-alalle eli yhtä steradiaania kohden

#### 4.3 Kiinteistöjen poistumis- ja poistumistiereittivalaistus

Nykyisin sähkösuunnittelussa kiinnitetään erityistä huomiota kiinteistöjen turvavalaisukseen. Sähkön syötön katketessa turvavalaisuskeskuksen akun on syötettävä turvavalaisimia ja poistumisreittivalaisimia vähintään tunnin ajan. Vanhojen keskusjärjestelmien toiminta-aikavaatimus on 0,5 h. Poistumisreittivalaisimia syötetään jatkuvasti ja turvavalaisimia yleensä vain, kun jännite putoaa riittävästi, joko turvavalaisin-keskuksesta tai muusta keskuksesta, jossa on valaistusryhmiä. Indikointi tieto saadaan kunkin keskuksen yhteen lähtöön asennetusta alijännitereleestä. [9, s. 9-15.]

##### 4.3.1 Viranomaisten säädökset ja määräykset

Turvavalaisusjärjestelmää suunniteltaessa tulee noudattaa seuraavia säädöksi ja määräyksiä:

- Pelastuslaki 468/2003 (22 §, 32 §)
- Laki pelastustoimen laitteista 10/2007
- Suomen rakentamismääräyskokoelma RakMK E1, Rakenteellinen paloturvallisuus
- Sisäministeriön asetus SMa 805/2005, Rakennusten poistumistiereittien merkitseminen ja valaiseminen. Asetuksella on määritetty alan standardeista osa sitovaksi siten, että
  - poistumistie opasteitten on täytettävä SFS-EN 1838 vaatimukset

- riittävä opastimen koko ja maksimi katseluetaisyys SFS-EN 1838 mukaisesti
- valaistuksen suunnittelussa noudatetaan SFS-EN 1838 vaatimuksia
- valaistuksen ohjauksen keskusyksikkö on oltavakeskitetyn tehonsyöttöjärjestelmän standardin SFS-EN 50171 mukainen

Valtioneuvoksen päätös työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden käytöstä 10.11.1994/974 on edelleen voimassa.

Lisäksi SFS 6000 -standardisarjan mukaan poistumisreittivalaistusjärjestelmissä on käytettävä kyseiseen käyttöön hyväksyttyjä johtojärjestelmiä. Kaapeleitten on oltava standardien IEC 60702-1, 60702-2, EN 60332 ja 50200 mukaisia. Jos johtojärjestelmä on suojattu riittävästi mekaanisesti ja tulipalolta, suojauksen on oltava vähintään tasoa EI 60.

Suunnittelija vastaa suunnitelman asianmukaisuudesta ja tarkastus tapahtuu rakennuslupamenettelyn yhteydessä. Pelastusviranomainen voi toimia lähinnä opastajana yhteistyössä suunnittelijan kanssa. [9, s. 9 - 10.]

#### 4.3.2 Tarkastuslista

Suunnittelun yhteenvedona voidaan esittää seuraava tarkastuslista huomioon otettavista asioista:

- valaisintyyppi
- turvavalaisituksen valoteho (LUX)
- järjestelmän valinta
- akuston mitoitus
- kaapelityypin valinta
- kaapeloinnin poikkipinnat ja jännitteen alenema. [9, s. 10.]

Suunnittelijan on lisäksi tunnettava seuraavat standardit

- SFS-EN 50171, SFS-EN 50172, SFS-EN 1838, SFS-EN 60598-2-22
- sekä ST-ohjeisto. Poistumis- ja poistumisreittivalaistus. Sähkötieto ry 2006
- että ST-käsikirja 36. Poistumisvalaistus. Sähkötieto ry 2007. [9, s. 9 - 11]

Suunnittelijan käyttäessä tarkistuslistaa, sekä noudattamalla SFS -standardeja, ST -ohjeistoa että ST -käsikirjaa saadaan paras mahdollinen lopputulos. Yleensä suunnitelmat tehdään rutiinilla ja ottamalla esimerkkiä aikaisemmista kohteista. Tästä huolimatta suunnittelijan tulisi käyttää vähintään tarkistuslistaa aina uuden kohteen suunnittelussa. Lisäksi standardien, ohjeiston ja käsikirjan asiat pitää olla hallussa, jotta voidaan varmistua suunnitelman hyvästä laadusta.

#### 4.3.3 Kunnossapito-ohjelma

Kunnossapidosta vastaavat pelastuslain 22§:n 1 momentin mukaan rakennuksen omistaja sekä rakennuksen haltija. Tähän kuuluvat rakennuksen yleiset tilat ja koko rakennusta palvelevien järjestelyjen osalta. Huoneiston haltija vastaa hallinnassaan olevista tiloista.

Sisäministeriön asetuksen 805/2005 mukaan on laadittava kunnossapito-ohjelma, jossa selostetaan tarvittavat huoltotoimenpiteet. Asetus koskee kaikkia kiinteistöjä, joissa on poistumistievalaistusjärjestelmä. Asetuksen mukaan kunnossapito on järjestettävä valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tarkastuksissa tulee noudattaa standardia EN 50172.

#### 4.4 Sähkösuunnitelman sisältö

Tässä kappaleessa käydään läpi mitä dokumentteja sähköisen talotekniikan sähkösuunnitelma sisältää.

Sähkötöselostus on kirjallinen tekninen dokumentti, jossa kerrotaan sanallisesti kohteesta ja sen sähköjärjestelmistä. Sähkötöselostuksen rakenteessa ja otsikoinnissa on syytä käyttää TALO-90-nimikkeistöä ja S2010-sähkönimikkeistön mukaista otsikointia.

Ohjeet sähkötöselostuksen rakenteeseen:

1. Tee tekstinkäsittelyohjelmalla dokumentti, joka on jaettu kolmeen osaan: kansilehti, sisällysluettelo ja tekstit.
2. Hae TALO-90-nimikkeistön otsakkeet kohteen yleistietoja varten

Kohteen yleistiedot ovat seuraavat:

- A kiinteistöhallinto
- B rakennuttaminen
- C työmaatekniikka
- (D aluerakenteet)
- (E pohjarakenteet)
- (F rakennustekniikka)
- (G LVI-järjestelmät).

## SÄHKÖSELOSTUS, TOIMISTORAKENNUS

### KOHTEEN YLEISTIEDOT

#### A KIINTEISTÖHALLINTO

##### A0 YLEISTIEDOT KOHTEESTA

##### A01 Rakennuskohde ja sen sijainti

Kohteen nimi: Esimerkkitoimistorakennus  
Osoite: Helsingin kaupunki,  
kaupunginosa 1,  
kortteli 10001, tontti 1

##### A02 Rakennuskohteen yksikötiedot

Rakennus: tilavuus 24 000 m<sup>3</sup>  
kokonaiskerrosala 5400 m<sup>2</sup>  
hyötyala 4000 m<sup>2</sup>

#### A1 HALLINTO JA OHJAUS

##### A11 Käyttö- ja ylläpito-organisaatio

Nimi: Huoltoyhtiö Oy  
Osoite: Huoltotie 1, 01610 ESPOO  
Puhelin:  
GSM:  
Faksi:  
Sähköposti:  
Yhteyshenkilöt:

##### A12 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu

Hankesuunnittelu: Helsingin kaupunki

##### B17 Urakkatarjousten ja -sopimusten valmistelu

Suunnittelijan toimesta määrälasketut taulukot ovat kappalemäärältään sitovia. Muuta massalaskentaa ei ole suoritettu. Rakennuttaja valmistelee sopimukset.

#### B2 SUUNNITTELU

##### B21 Arkkitehtisuunnittelu

Nimi: Arkkitehtitoimisto  
Esimerkki Oy

Yhteystiedot:

##### B22 Rakennussuunnittelu

Nimi: Rakennesuunnittelutoimisto Oy

Yhteystiedot:

##### B23 LVI-suunnittelu

Nimi: Insinööritoimisto  
LVI-Suunnittelu Oy

Yhteystiedot:

##### B24 Sähkö- ja tietojärjestelmäsuunnittelu

Nimi: Insinööritoimisto  
Sähkösuunnittelu Oy

Yhteystiedot:

##### B241 Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu

Nimi: Insinööritoimisto  
Sähkösuunnittelu Oy

Kuva 12. Sähkötöselostuksen rakenne [11]

Sähkötöselostus alkaa kuvan 12 mukaisella kohteen yleistieto osiolla.



3. Hae S2010-sähönimikkeistöstä kaikki otsikot selostuksen rungoksi käyttäen otsikkotyylejä tällöin saat luotua automaattisen sisällysluettelon.

Sähkönimikkeistön jaottelu on seuraava:

Lohkotaso (S, T)

Pääryhmätaso

Ryhmätaso

Järjestelmätaso

Päätaso

Esimerkiksi, S251:

S = Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmät

2 = Sähkönjakelu ja siihen liitetyt kuormitukset

5 = Valaistusjärjestelmät

1 = Sisävalaistusjärjestelmä

Kyseessä siis,

S251 Sisävalaistusjärjestelmä

Järjestelmän kuvaus:

Järjestelmä sisältää kaikki rakennusten sisätilojen tavanomaiset valaistukset.

Järjestelmä pääosat ovat:

- S2511 ohjauslaitteet
- S2512 kaapeloinnit
- S2513 valaisimet.

Lisätietoja:

Järjestelmä voidaan tarpeen mukaan jakaa osiin esimerkiksi toiminnallisiin tai tilaryhmäperusteisiin, joita voivat olla:

- yleisvalaistusjärjestelmä
- kulkuvalaistusjärjestelmä
- työskentelyvalaistusjärjestelmä
- turvavalaisusjärjestelmä.

Valaisimiin sisältyvät kaikki tarvikkeet kuten valonlähteet, liitälaitteet, lisävarusteet, asennus- ja kiinnitysosat.

## S2010-SÄHKÖNIMIKKEISTÖ- LUETTELO

### S SÄHKÖENERGIAN JAKELU- JA KÄYTTÖJÄRJESTELMÄT

#### S1 ASENNUS- JA APUJÄRJESTELMÄT

- S110 Kaapelihiyllyjärjestelmä
- S120 Johtokanavajärjestelmä
- S130 Lattiakanavajärjestelmä ja lattiakotelot
- S140 Ripustusjärjestelmä
- S150 Läpiviennit
- S160 Yhteiskäyttöiset putkitusjärjestelmät ja kaapelikaivot
- S170 Esitystekniikan apujärjestelmät

#### S2 SÄHKÖNJAKELU JA SIIHEN LIITETTY KUORMITUKSET

- S21 Sähköenergian tuotanto ja liittäminen
  - S211 Sähköliittymä
  - S212 Sähkön tuotantojärjestelmät ja -laitteistot
- S22 Sähköenergian pääjakelu
  - S221 Keskijännitejakelujärjestelmä
  - S222 Pääjakelujärjestelmä
- S23 Laitteiden ja laitteistojen sähköistys
  - S231 Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys
  - S232 LVI-laitteiden ja -laitteistojen sähköistys
  - S233 Käyttäjän laitteiden ja laitteistojen sähköistys
- S24 Sähköliitäntäjärjestelmät
  - S241 Pistorasiat
  - S242 Kosketinkiskojärjestelmä
  - S243 Jakelukiskojärjestelmä
  - S244 Pistorasiapylväät
  - S245 Autolämmityspistorasiat
  - S246 Pistorasiakeskukset
  - S247 Liitin- ja johtosarjajärjestelmä
- S25 Valaistusjärjestelmät
  - S251 Sisävalaistusjärjestelmä
  - S252 Ulkovaalaistusjärjestelmä
  - S253 Aluevalaistusjärjestelmä
  - S254 Julkisivuvalaistusjärjestelmä
  - S255 Mainosvalaistusjärjestelmä
  - S256 Esitysvalaistusjärjestelmä
- S26 Sähkölämmitysjärjestelmät
  - S261 Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä
  - S262 Lattialämmitykset
  - S263 Sähkölämmitteiset ikkunat
  - S264 Sadevesijärjestelmien lämmitykset
  - S265 Putkistojen saattolämmitykset
  - S266 Alueiden sulanapidot

#### S3 TUOTANTOLAITTEIDEN SÄHKÖNJAKELU JA SÄHKÖISTYS

- S31 Tuotantolaitteiden sähköenergian liittäminen ja tuotanto
- S32 Tuotantolaitteiden sähköenergian pääjakelu
  - S321 Keskijännitejakelujärjestelmä
  - S322 Pääjakelujärjestelmä
- S33 Tuotantolaitteiden sähköistys
  - S333 Tuotantolaitteiden ja -laitteistojen sähköistys
- S34 Tuotantolaitteiden sähköliitäntäjärjestelmät
  - S341 Pistorasiat
  - S343 Jakelukiskot
- S35 Tuotannolliset valaistukset
  - S351 Valaistukset
- S36 Tuotannolliset lämmitykset
  - S361 Lämmitykset

#### S4 VARAVOIMAJÄRJESTELMÄ JA SIIHEN LIITETTY KUORMITUKSET

- S41 Varavoiman tuotanto
  - S412 Varavoiman tuotantojärjestelmät ja -laitteistot
- S42 Varavoiman pääjakelu
  - S422 Pääjakelujärjestelmä
- S43 Varavoimaan liitettyjen laitteiden ja laitteistojen sähköistys
  - S431 Laitteiden ja laitteistojen sähköistys
- S44 Varavoimaan liitetyt sähköliitäntäjärjestelmät
  - S441 Pistorasiat
- S45 Varavoimaan liitetyt valaistusjärjestelmät
  - S451 Valaistukset
- S46 Varavoimaan liitetyt lämmitysjärjestelmät
  - S461 Lämmitykset

#### S5 UPS-JAKELUJÄRJESTELMÄ JA SIIHEN LIITETTY KUORMITUKSET

- S51 UPS-jakelun tuotantojärjestelmät ja -laitteistot
  - S512 UPS-laitteet ja laitteistot
- S52 UPS-pääjakelu
  - S522 Pääjakelujärjestelmä
- S53 UPS-jakeluun liitettyjen laitteiden sähköistys
  - S531 Laitteiden ja laitteistojen sähköistys
- S54 UPS-jakeluun liitetyt sähköliitäntäjärjestelmät
  - S541 Pistorasiat
- S55 UPS-jakeluun liitetyt valaistusjärjestelmät
  - S551 Valaistukset

#### S6 TURVAVALAISTUSJÄRJESTELMÄT

- S61 Poistumisvalaistus
  - S610 Poistumisvalaistusjärjestelmä
- S62 Varavaalaistus
  - S620 Varavaalaistusjärjestelmä
- S63 Hätävalaistus
  - S630 Hätävalaistusjärjestelmä

#### S7 MUUT JÄRJESTELMÄT

- S710 Ukkossuojausjärjestelmä
- S720 Häiriötön potentiaalintasausjärjestelmä

Kuva 13. S2010-sähkönimikkeistöluettelo S [12, s. 23]

Mikäli ei ole perusteltua syytä poiketa sähkönimikkeistössä esitetystä numeroinnista, on sen käyttö sellaisenaan suositeltavaa. Nimikkeistöön on jätetty vapaita pääryhmiä, ryhmiä ja järjestelmätunnuksia.

<b>T TIIETOTEKNISET JÄRJESTELMÄT</b>		<b>T5 TILATURVALLISUUSJÄRJESTELMÄT</b>	
<b>T1 VIESTINTÄ- JA TIETOVERKKOJÄRJESTELMÄT</b>	T110 Antennijärjestelmä	<b>T6 PALOTURVALLISUUSJÄRJESTELMÄT</b>	T510 Sähkölukitusjärjestelmä
	T120 Äänentoisto- ja kuulutusjärjestelmä		T520 Kulunvalvontajärjestelmä
	T130 Yleiskaapelointijärjestelmä		T530 Murtoilmaisujärjestelmä
	T140 Puhelinjärjestelmä		T540 Ryöstöilmaisujärjestelmä
	T150 Ovipuhelinjärjestelmä		T550 Kameravalvontajärjestelmä
	T160 Lähiverkkojärjestelmä		T560 Monivalvontajärjestelmä
<b>T2 TILAKOHTAISET KUVA- JA ÄÄNIJÄRJESTELMÄT</b>	T210 AV-järjestelmä	<b>T7 VIRANOMAIJÄRJESTELMÄT</b>	T570 Henkilöturvallisuusjärjestelmä
	T220 Kuvanesitysjärjestelmä		T580 Paikannusjärjestelmä
	T230 Esitysäänentoistojärjestelmä	<b>T8 AUTOMAATIO- JA MITTAUSJÄRJESTELMÄT</b>	
	T240 Kuulolaitejärjestelmä		T610 Paloilmoitinjärjestelmä
	T250 Konferenssijärjestelmä		T620 Palovarointijärjestelmä
	T260 Videoneuvottelujärjestelmä		T630 Savunpoiston ohjaus- ja valvontajärjestelmä
<b>T3 MERKINANTO- JA KUTSUJÄRJESTELMÄT</b>	T310 Ovikellojärjestelmä		T640 Palopeltien ohjaus- ja valvontajärjestelmä
	T320 Varattuvalojärjestelmä		T650 Savusulkujärjestelmä
	T330 Sisäänpyyntöjärjestelmä		T660 Palo-ovien ohjaus- ja valvontajärjestelmä
	T340 Avunpyyntöjärjestelmä		T670 Poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmä
	T350 Kutsujärjestelmä		
	T360 Vuoronumerojärjestelmä		
<b>T4 TIEDOTUS- JA NÄYTTÖJÄRJESTELMÄT</b>	T370 Hoitajakutsujärjestelmä		
	T410 Ajannäyttöjärjestelmä		
	T420 Informaatiopalvelujärjestelmä		
	T430 Opastevalojärjestelmä		
	T440 Säätilannäyttöjärjestelmä		
	T450 Ajanotto- ja tulospalvelujärjestelmä		

Kuva 14. S2010-sähkönimikkeistöluettelo T [12, s. 24]

Yleistietojen jälkeen kuvista 13 ja 14 saadaan otsikot sähköistykseen liittyviin osioihin.

- Projektin edetessä täydennä kohdat valittujen otsikoiden alta ja poista turhat otsikot.

Näiden neljän vaiheen avulla sähkötyöselostus rakentuu kansallisten suositusten mukaan. Sähkötyöselostuksen tekeminen kannattaa aloittaa heti suunnittelun alussa ja

täydentää suunnitelmien edetessä. Nimikkeistöt toimivat myös hyvänä muistilistan ja tukevat näin osaltaan myös suunnittelutyötä.

Alla on listattuna yleisimmät sähköpiirustukset, kaaviot ja taulukot:

### Asemapiirustus

Asemapiirustuksen päätarkoituksena on esittää rakennusten sijainnit tontilla.

Sähkösuunnittelija piirtää tähän sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmät, sekä tietoliikennejärjestelmät. Näihin kuuluvat sähköliittymän tulopiste ja reitti pääkeskushuoneeseen, liittymiskaapelin koko ja tyyppi, ulkovalaistus, tele- ja antenniliittymän tulopiste ja reitti sähköpääkeskukseen.

### Nousujohtokaavio

Nousujohtokaaviossa määritellään kohteen sähkökeskukset pääsulakkeineen sekä näiden väliset kaapeloinnit. Nousujohtokaaviossa esitetään myös syötön automaattisen poiskytkennän toteutumiseksi vaadittavat vikavirta-arvot sekä jännite alenema.

### Sähkölaitteiden sijoituspiirustus

Arkkitehtipohjaan perustuva tavallisesti mittakaavaan 1:50 tulostettu piirustus, johon on määritelty keskukset, sähköpisteet, telepisteet, valaisimet ja johtoreitit.

### Maadoituskaavio

Maadoituskaaviossa esitetään kohteen potentiaalintaus ja suojamaadoitus sekä ukkossuojaus. Maadoituskaaviossa määritellään johtimet, päämaadoituskisko ja muut maadoituskiskot, sekä liitokset maadoituselektrodiin ja muihin johtaviin rakenteisiin.

### Pääkaaviot

Pääkaaviot esittävät keskusten tärkeimmät tekniset tiedot, keskuksen rakenteen ja

lähdöt, sekä niihin liittyvät pääkomponentit, kuten kuormakytkimet, kytkinvarokkeet, mittarit, kontaktorit, johdonsuojakatkaisijat ja releet nimellisvirtoineen

#### Piirikaaviot

Piirikaaviossa esitetään sähköpiireihin kuuluvat komponentit ja niiden väliset yhteydet.

#### Yleiskaapelointikaavio

Yleiskaapelointijärjestelmästä esitetään kaaviossa järjestelmän rakenne, pisteiden lukumäärä sekä tarvittavat laitteet ja kaapelityypit. Pisteiden sijoitus esitetään tasopiirustuksessa.

#### Antennikaavio

Antennikaaviossa esitetään kohteen antennijärjestelmän rakenne ja antennipisteiden lukumäärä. Pisteiden sijoitus esitetään tasopiirustuksessa.

Näiden lisäksi laaditaan seuraavat dokumentit:

- valaisinluettelo
- lämmitinluettelo (sähkölämmitteinen kiinteistö)
- kaapeliluettelo
- piirustusluettelo.

Toteutuksen jälkeen laaditaan

- loppupiirustukset
- käyttöpiirustukset
- huoltokansio
- loppudokumentointi.

Tässä luvussa esitellään sähkösuunnittelijan toteutusvaiheen tehtäviä ja annetaan ohjeet, mistä sähkösuunnitelma kannattaa aloittaa. Toteutuksen jälkeen on piirrettävä asennuskuvista (punakynäsarjat) loppupiirustukset. Tarkastukset suorittaa urakoitsija,

ja näistä vastaa urakoitsijan palveluksessa oleva sähkötöidenjohtaja. HelenLämmön käytönjohtaja vastaa luovutuksen jälkeen laitteiden käytöstä ja huollosta.

#### 4.5 Käyttöönottotarkastukset

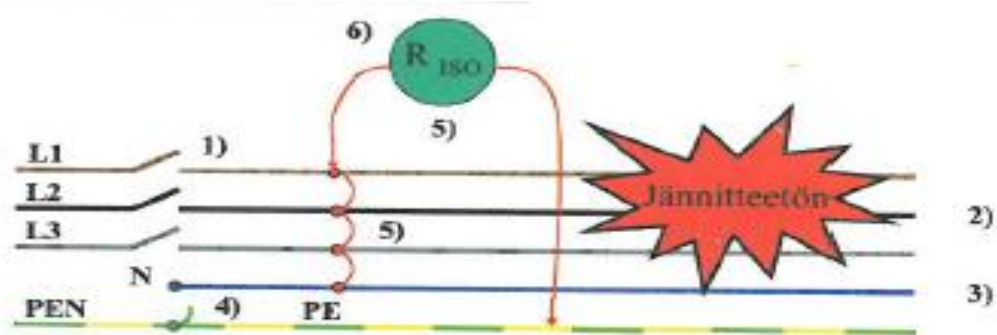
Sähköasennuksien jälkeen urakoitsijan on suoritettava käyttöönottotarkastukset. Tämän jälkeen asennukset voidaan luovuttaa varsinaiseen käyttöön. Säädöksissä ei ole olemassa tähän minkäänlaisia poikkeamia eikä helpotuksia sähkötyön ollessa kuinka pieni tahansa. Mahdolliset puutteet, jotka ilmenevät tarkastuksissa tulee korjata välittömästi ja tämän jälkeen testaukset tulee suorittaa uudestaan. Tarkastukset jakautuvat aistinvaraisiin tarkastuksiin ja testaukseen.

Aistinvaraiseen tarkastukseen kuuluu:

- tarvikkeiden vaatimuksenmukaisuus (CE - merkki)
- suojaus sähköiskulta (kotelot ja kaapelit ehjiä, suojamaadoitukset)
- palosuojaus
- johtimien riittävä mitoitus ja asennustavat (maksimi jännitteenalenema 4 %)
- ulkoiset tekijät (kosteus, pölyisyys, lämpötila, alttius mekaanisille vaurioille ja häiriösuojaus)
- vaatimusten mukaiset merkinnät.

Testaukset sisältävät seuraavat mittaukset:

- suojajohtimen jatkuvuusmittaus (jännitteetön mittaus 1)
- eristysresistanssin mittaus (jännitteetön mittaus 2)
  - 1) Tee laitteisto jännitteettömäksi.
  - 2) Varmista mitattavan alueen kytkimien ja varokkeiden tila.
  - 3) Varmista, että nollapiirissä ei ole jännitteellisiä laitteistoja.
  - 4) Irrota N- ja PE-johtimien yhdistys.
  - 5) Tee mittauskytkennät (nolla- ja vaihejohtimien yhdistys ei välttämätön).
  - 6) Suorita mittaukset.
  - 7) Palauta laitteisto toimintakuntoon.
  - 8) Varmista N- ja PE-johtimien yhdessäolo mittaamalla. (kuva 15.)



Kuva 15. Mittauskytkentä eristysresistanssimittauksesta [13, s. 176]

Eristysresistanssi mittaukset aloitetaan pääkeskuksesta ja mittausaluetta pienennetään kunnes vaatimukset on saavutettu. Lämmityskaapelit ja -kelmut sekä kontaktorilähdöt ja vastaavat on mitattava aina erikseen. Lisäksi tulee varmistaa mittauksen kattavuus tarkastamalla, että sulakkeet ja kytkimet ovat kiinni.

- Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta (jännitteinen mittaus 3)

Mitataan vikapiirin impedanssi, josta saadaan oikosulkuvirta ja tätä verrataan suojalaitteiden taulukkoarvoihin. Standardin mukaan jatkuvuusmittaus ja laskennat korvaavat mittauksen, mutta käytännössä mittaukset on kuitenkin aina järkevä suorittaa.

Tavallisesti mittaukset suoritetaan jokaisesta keskuksesta muutamasta epäedullisimmiksi arvioituista pisteistä. Näiden mittauksien jälkeen voidaan tuloksista päätellä onko tarpeellista suorittaa lisää mittauksia.

Jokainen vikavirtasuoja on myös testattava testipainiketta painamalla. Lisäksi tulee mittaamalla varmistua, että vikavirtasuoja toimii enintään nimellistoimintavirrallaan. Tietyissä tilanteissa vikavirtasuojan laukaisuaika tulee mitata, joten tämän vuoksi on suositeltavaa mitata tämä samassa yhteydessä. [13, s. 161 - 185.]

## 5 Prosessisähkö

Prosessisähkösuunnitelmat tehdään mekaanisten järjestelmien suunnittelijoiden ja prosessisuunnittelijoiden antamien lähtötietojen pohjalta. Automaatiosuunnittelijoille toimitetaan myös vastaavat lähtötietodokumentit. Prosessisähkön tarkoitus on tuoda mekaanisille laitteille sähköenergiaa, jota prosessin toiminta edellyttää. Automaatio antaa

prosessille ohjaukset, mittaukset, valvonnan ja prosessin käytön mahdollistavan automaatiojärjestelmän. Kokonaisuutena hanke etenee seuraavasti:

1. Kantakaupunki tarvitsee kaukolämpöä.
2. Päätetään rakentaa lämpökeskus (kaupunki, yritykset, ihmiset jne.).
3. Lasketaan kantakaupungin tarvitsema lämpöteho (energiatekniikka).
4. Tämän lämpötehon pohjalta suunnitellaan prosessi tuottamaan vaadittua tehoa (prosessitekniikka).
5. Prosessi tarvitsee mekaanisia laitteita (konetekniikka).
6. Koneet eivät toimi ilman sähköenergiaa (prosessisähkö).
7. Laitteita on voitava valvoa ja käyttää (prosessiautomaatio).

Prosessisähkösuunnittelu etenee seuraavasti:

1. esisuunnittelu
2. sähköteholaskelma
3. sähkönjakelukaavio (kojeisto, muuntamot, pääkeskus ja alakeskukset)
4. keskusten sijoitussuunnittelu ja keskusmitoitukset
5. kaapelireitti- ja hyllysuunnittelu
6. kaapelimitoitukset
7. maadoitus- ja suojaussuunnittelu
8. oikosulkulaskenta
9. asennusvalvonta ja käyttöönotto
10. loppudokumentointi

Projekti alkaa esisuunnittelulla, josta saadaan tiedot sähkösuunnitteluun. Suunnitteluun voidaan tapauskohtaisesti valita sopimussuunnittelutoimistolta riittävän kokemuksen omaava sähkösuunnittelija. Prosessisähkösuunnittelija työskentelee pääsääntöisesti HelenEngineeringin osoittamassa toimipisteessä. Hankintoihin kuuluu tarjouspyyntöasiakirjojen laatiminen laitetoimittajille ja urakoitsijoille. Kilpailutuksen jälkeen tehdään tarjousvertailu, jonka mukaan valitaan kokonaistaloudellisimmat laitetoimittajat ja urakoitsijat. HelenEngineering hoitaa aina kaupallisen osuuden dokumentteineen.



## 5.1 suunnittelun alkudokumentit

Toimintaselostuksessa esitetään prosessin toiminta ja halutut automaatiotoiminnot. Selostuksessa tulee olla kuvaus toiminnasta käynnistyksessä, pysäytyksessä, normaali-käytössä sekä häiriötilanteissa. Tämän jälkeen selostusta täydennetään säätö- ja sekvenssikaavioilla, jotka antavat lähtökohdan automaatiojärjestelmän ohjelmoinnille.

Putki- ja instrumentointikaaviossa (PI-kaavio) esitetään laitoksen prosessilaitteet ja niihin liittyvät mittauspisteet sekä säätöpiirit kaaviomuodossa. PI-kaaviosta selviää laitteet, kuten sähkökoneet ja venttiilien toimilaitteet, jotka tarvitsevat sähköenergiaa.

Laitoksen yleispiirustuksina toimivissa tasopiirustuksissa (*layout*) on esitetty prosessilaitteiden sijainnit. Mittakaavassa tehty *layout*-piirustus täydennetään sähkö- ja automaatiolaitteiden sijoituspiirustukseksi. Suunnitelmien valmistuttua on tärkeä tehdä törmäystarkastelu. Näin varmistutaan, että putkilinjat ja kaapelihyllyt eivät törmää toisiinsa. LVI-piirustuksista sähkösuunnittelija näkee kulutuslaitteiden tehotiedot.

## 5.2 Sähkösuunnittelun dokumentit

Sähköteholaskelma tehdään laite-erittelyn avulla (moottoriluettelo). Tällä saadaan määriteltäviä laitoksen liittymis- ja huipputeho. Laskelma täydentyy projektin edetessä, kun prosessisuunnittelijalta saadaan mm. sähkömoottorien tiedot. Laskelmaa käytetään muuntajan ja loistehon kompensoinnin mitoitukseen sekä jakokeskusten ja kaapeloinnin suunnitteluun. Lisäksi laskelmasta on hyötyä sähkötilan ilmastoinnin mitoitukselle ja keskusvalmistajalle lämpöreleiden virta-arvot moottorilähdöissä.

Sähkönjakelukaaviossa esitetään sähköenergian jakelu kojeistosta jakelumuuntajiin ja näistä pää- ja alajakokeskuksiin. Pääkeskukseen sijoitetaan tavallisesti suurimpien laitteiden moottorilähdöt. Pääkeskus mitoitetaan syöttävän suurjänniteverkon oikosulkutehon ja muuntajan ominaisuuksien mukaan. Kaapelointimatkat saadaan lyhyemmiksi, jos pienempitehoiset moottorilähdöt sijoitetaan prosessitilojen alajakokeskuksiin.

Näiden dokumenttien lisäksi tarvitaan:

- pääkaaviot
- piirikaaviot
- johdotuskaavio ja johdotustaulukko
- maadoituskaavio
- sähkölaitteiden sijoituspiirustus
- sähkötyöselitys. [14, s. 240 - 246.]

Kuten havaitaan prosessi- ja rakennussähköistyksessä dokumentit ovat hyvin lähellä toisiaan. Rakennussähköllä on lisäksi tele- ja antennijärjestelmien dokumentit ja prosessisähköllä puolestaan sähkötehonlaskelma ja sähköyleiskaavio.

### 5.3 Mitoitukset

Sähkönjakelukaavion suunnittelu on yksi tärkeimmistä sähkösuunnittelun osa-alueista. Siihen on esitetty Alppilan lämpökeskuksen sähkönjakelu 10 kV kojeistosta muuntajille, pääkeskukselle, prosessisähkö keskuksille ja kiinteistön sähkökeskuksille. Tässä luvussa tarkastellaan laskennallisia menetelmiä ja yleisiä huomioon otettavia asioista, kun lähdetään suunnittelemaan sähkönjakelua. Suojauksen, vikavirtojen, kaapelien, keskuksien, muuntajien ja kojeiston mitoituksen kannalta mitoitusasioiden tunteminen on välttämätöntä.

#### 5.3.1 Oikosulkusuojaus ja ylivirtasuojaus

Kaikilla verkon laitteilla on oltava oikosulkusuojaus ja tämän takia tulee tuntea laskennalliset menetelmät sekä standardeissa esitetyt taulukot, jotta valitaan aina oikea suojaus.

Oikosulkuvirran laskeminen käsitellään standardeissa IEC-60909, 60909-2, 60781, 60865-1 ja 60865-2. Näiden lisäksi ABB:n TTT -käsikirjan 2000–07 luvusta 7 löytyy hyvä laskennallinen esimerkki (7.5.3).

Oikosulkusuojaukseen käytetään sulakkeita, johdonsuojia sekä katkaisijoita. Lisäksi moottorilähdöissä yleinen käytetty suoja on moottorinsuojakytkin. Moottorinsuojakytkin toimii sekä oikosulkusuojana että ylivirtasuojana. Usein moottorilähdöissä kuitenkin käytetään lisäksi oikosulkusuojaukseen myös sulaketta moottorinsuojakytken lisäksi.

Oikosulkusuojaa käytetään oikosulkuvirtojen katkaisuun ja ylivirtasuojaa johdonsuojana sekä moottorinsuojana. Yleisin ylikuormitus suoja on moottorinsuojakytkin. Jos ylivirtasuojauksena käytetään lämpörelettä, tällöin on myös välttämätöntä asentaa lähtöön oikosulkusuoja, kuten sulake tai johdonsuoja. Samassa lähdössä ei tietenkään käytetä moottorinsuojakatkasijaa ja lämpörelettä, koska kahdesta ylivirta suojasta ei saada mitään lisähyötyä.

Ihanteellinen oikosulkusuojaus toimii erittäin nopeasti oikosulkutilanteessa, mutta ei reagoi millään tavalla laitteen vikatoimintoihin, joissa virran kulutus kasvaa hieman. Ihanteellinen ylikuormitussuoja taas havaitsee sille asetellun virta-arvon pienenkin ylityksen, jos ylitys ei korjaannu ylikuormitussuoja laukeaa. Ylikuormitussuoja laukeaa sitä nopeammin, mitä suurempi ylikuormitus on ylikuormitussuojan asetteluarvoon nähden.

Selektiivisyys on yksi tärkeä osa-alue vian rajoittamista varten. Vika pyritään selektiivisyyden avulla rajoittamaan mahdollisimman pieneen sähköverkon osa-alueeseen. Tässä ei kuitenkaan ole tarkoituksen mukaista liioitella, koska täydellinen selektiivisyys ei usein ole kustannustehokasta saavutettuun hyötyyn nähden. Selektiivisyydestä esimerkkinä voidaan ajatella paria katkasijaa peräkkäin kytkettynä, joista toimii aina se, joka on lähempänä vikakohtaa.

Järkevin tapa selvittää katkaisijoiden selektiivisyys on tutkia valmistajien julkaisemia taulukoita ja tehdä valinta suosituksien mukaan. Sulakkeiden selektiivisyys käy ilmi sulamisaikakäyristä. Sulamiskäyrien erotessa toisistaan sulakkeiden osalta selektiivisyys toteutuu. Yleinen selektiivisyys pari on sulake ja johdonsuojakatkasija, jossa sulake on kytketty ennen johdonsuojakatkasijaa. Johdonsuojakatkaisimen katkaisukäyrä ilmoittaa selektiivisyysalueen, johon verrataan sulakkeen sulamiskäyrää. Mikäli havaitaan, että sulake toimii liian nopeasti, eikä selektiivisyys toteudu, voidaan joko valita isompi sulake, tai vaihtaa johdonsuojakatkaisin hitaampaan tyyppiin.

Johdonsuojakatkaisimista käytetyin on C-käyrä, joka sopii mainiosti valaistukseen ja pistorasialähtöihin sekä lievästi induktiivisille ja kapasitiivisille kuormille. Moottorisuojaukseen yleisin johdonsuojakatkaisin on K-käyrä, sillä magneettisella laukaisulla moottorin käynnistysvirta ei aiheuta laukaisua. K-käyrä soveltuu voimakkaasti induktiivisille kuormille, moottoreille, muuntajille, purkaussuurpainenatriumlampuille, sähkötyökaluille ja hitsauskoneille. Sulakkeista käytetyin on gG-tyyppin sulake, koska oikosulkusuojauksen lisäksi se toimii myös johdonsuojana. Moottorin suojaukseen taas valitaan aM-tyyppin sulake, joka toimii oikosulkusuojana, mutta kestää kuitenkin moottorien käynnistysvirtasysäykset. SFS 6000 -standardin luvusta 4-43 sekä D1-2009 käsikirjasta luvussa 4 on kaikki tarpeelliset taulukot johdonsuojakatkaisimien ja sulakkeiden valitsemiseen, ja näiden lisäksi laskennalliset menetelmät esimerkkeineen. [15, s. 1 - 12; 16.]

### 5.3.2 Sähköjohtojen mitoittaminen

Sähköjohdon mitoittaminen onnistuu helpoiten käyttämällä taulukoita, joissa on valmiina asennustavat. Mitoittaminen voidaan myös laskea huomioiden kaikki yksityiskohdat koko kaapelointireitillä. Yleensä tähän ei kuitenkaan ole tarvetta.

Ylikuormitussuojan ja johdon valinta etenee seuraavasti:

- selvitä kuormitusvirta
- valitse lähin sulake / johdonsuojakatkaisin D1- tai SFS -taulukoista
- selvitä asennustapa tai laske korjauskerroin
- tarkista samasta taulukosta kuormitusvirta, mikä johdon on vähintään kestävä
- jaa kuormitusvirta korjauskertoimella, jos laskit korjauskertoimen
- valitse johdin, joka kestää kuormitusvirran.

Taulukoista voidaan myös suoraan valita asennustapa A, B, C tai D. Asennustavassa korjauskerroin on valmiina, eikä tätä tule tällöin erikseen laskea. Lisäksi on huomioitava kaapelointipituudet.

D1 -taulukoista 41.7, 41.9, ja 41.10 saadaan vertailtua erityyppisten ylikuormitussuojien suurimmat johtopituudet.

Valitaan nimellisvirraksi 16A ja oikosulkuvirraksi 2,2kA ja suoritetaan vertailu:

- gG-tyyppin sulakkeella suojatun johdon suurin sallittu johtopituus on 108 metriä
- B-tyyppin johdonsuojakatkaisimella 150 metriä
- C-tyyppin johdonsuojakatkaisimella 72 metriä.

Uusissa asennuksissa käytetyin vaihtoehto on C-tyyppin johdonsuojakatkaisin, joten tämä tulee ehdottomasti ottaa huomioon sähkösuunnitelmaa tehdessä. Virheen tapahtuessa voidaan johdonsuoja vaihtaa pienemmäksi C-tyypiksi, tai kytkeä tilalle 16 A B-tyyppin johdonsuojakatkaisin. Yleensä ei lähdetä vetämään uutta paksumman poikkipinnan kaapelia, jollei se ole jostain syystä välttämätöntä. Tietysti, jos kaapelointimatka ylittääkin jopa 150 metriä, tällöin voidaan enää valita 10 A b-tyyppin johdonsuojakatkaisin. Tämä on toki suunnittelijalta jo niin karkea virhe, että se viittaa suunnittelijan pätemättömyyteen. Käytännössä yleinen tilanne on se, että suunnittelija on mitoittanut kaapelointimatkaksi vaikkapa 60 metriä, mutta jostain syystä kaapelointireitti muuttuu huomattavasti pidemmäksi, jolloin oikosulkuvirta jääkin liian pieneksi.

Mitoituksiin liittyvää materiaalia moottorin valinnasta ja mitoituksista löytyy TTT-käsikirjoista ja IEC -standardeista, joten mitoitusasioita ei käsitellä insinööriyössä tämän enempää. Suunnittelijan tulee joka tapauksessa tuntea ulkoa yleisimmät suunnitteluasiat ja osattava etsiä tietoja standardeista, ST-kortistoista ja valmistajan ohjeista. Tarkoituksena ei ole opetella jokaista asiaa ulkoa, vaan hallita alan perusasiat ja tuntea alankirjallisuus niin hyvin, että tietää mitä milloinkin tulee ottaa huomioon ja mistä tietoa löytää.

## 6 Esiselvityksen tulokset

Esiselvitys toteutettiin projektipäällikön avustuksella Alppilan lämpökeskuksessa ja käytiin samalla läpi vaaditut sähköistykset. Projektipäällikkö esitteli tämän jälkeen kohteen ja tämän jälkeen käytiin läpi uusittavat järjestelmät. Tämä selvitys riitti tehtävälaajuuden määrittämiseen, jolloin pystyttiin tekemään päätös sähköistykseen vaadittavista henkilöresursseista.

Päätöksenä oli, että lisäresursseja ei tarvittu suunnitteluun, osaprojektinjohtamiseen eikä esiselvityksen toteuttamiseen. Kohteeseen tutustumisen jälkeen selvitettiin projektin tilanne, sekä tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin sähköistykseen liittyviä dokumentteja.

## 6.1 Rakennussähkö

Rakennussähköistyksen selvityksessä saatiin tietää, mitä laitoksen aluetta tulee sähköistää. Rakennussähköistystä vaadittiin uudistettavaan savupiippuun, jossa ei aikaisemmin ollut sähköistystä ollenkaan. Muuta esiselvitystä ei tarvinnut tehdä, ja tehtävä oli helppo ja selkeä rajata. Urakka kilpailutettiin yksityisten sähköurakointiliikkeiden välillä. Lisäksi urakka sisälsi kaikki hankinnat, eikä niitä lähdetty erikseen kilpailuttamaan, koska hankintojen kokonaisarvo oli vähäinen.

Myöhemmin tehtiin myös tilaus savupiipun julkisivun ulkovalaistuksesta, jonka tilasi HelenUlkovalaistus liiketoiminto. Tämä oli erillinen projekti, joka ei kuulunut lämpökeskuksen modernisointiin, mutta projekti oli mielenkiintoinen, joten tämän vuoksi se esitellään lyhyesti lopputuloksissa. Urakka oli hyvin pieni, joten asennukset tilattiin Helen-Serviceltä.

## 6.2 Prosessisähkö

Prosessisähköistyksen esiselvityksessä tuli selväksi, että uudistetaan vain se, mikä on prosessin kannalta välttämätöntä. Tähän kuuluivat kolmen öljypumpun sähköistys, öljysäiliöiden maadoitukset, ilmastointipuhaltimien sähköistys ja ohjaus sekä muut selvittämättömät pienet työt. Projekti eteni paloittain, ja tietoa tuli pikku hiljaa projektin edetessä. Tähän vaadittiin sähköistyksen asiantuntemusta ja kykyä suunnitella matkan varrella sähköistyksen muutoksia. Prosessisähköistyksen asennusurakka tilattiin Helen-Serviceltä hajanaisuutensa vuoksi, sillä tällainen urakka oli helpommin hallittavissa Helsingin Energian eri liiketoimintojen välillä (HelenEngineering, HelenLämpö ja HelenService).

## 7 Sähkösuunnittelun tulokset

Tässä luvussa esitellään sähkösuunnitelmat, johon kuuluivat oleellisena osana vanhojen dokumenttien läpi käyminen. Projektin päämääränä oli toteuttaa kaikki asennukset mahdollisimman kustannustehokkaasti prosessisähköistyksen osalta. Modernisoinnin 2. vaiheessa puretaan kaikki prosessisähköistyksen kaapelit. Ainoa säilytettävä alue on savupiippuun liittyvät sähköistykset.

### 7.1 Rakennussähkösuunnitelma

Laitoksen maadoitusverkon muutoksiin kuuluivat myös prosessisähköistykseen liittyvät maadoituskohteet, kuten öljysäiliöt sekä öljyputkilinjat. Havainnollistamisen vuoksi lisäykset näkyvät punaisella värillä päivitetystä maadoituskaaviossa. Savupiippuun asennettiin kierreportaat hätäpoistumisreittiä varten, ja sen lisäksi useita lepotasoja, sekä uusia tikkaita. Savupiippuun asennettiin kaksi maadoituskiskoa johtavien osien maadoittamista varten. (Liite1.)

Pääkeskuksesta O-506 (liite 2) on otettu syöttö 2EQ10 turvalokeskukselle, joka syöttää piipun turvalaistusta sähkökatkoksen sattuessa. Keskuksen 2EQ10 akkupaketin on mitoitettu siten, että sen kapasiteetti riittää jatkossa koko lämpökeskukselle. Modernisoinnin toisessa vaiheessa 2EQ10 keskuksen 12 lähdöstä neljä on piipulle (käytössä) ja kahdeksan lämpökeskukselle (varalla). Tehokapasiteetti riittää vielä noin 1500W turvalaistukselle piipun käyttäessä noin 500W kokonaiskapasiteetista (2000W). Kiinteistö sähkökeskuksesta O-500 (Liite 3) löytyi yksi vapaa 63A tulppasulakelähtö, josta saatiin uudelle savupiipun 2DN10 sähkökeskukselle sopiva tehosityttö. Nämä kaksi keskusta ovat lähekkäin toisiaan, joten oli paljon järkevämpää ottaa lähtö pääkeskuksen sijasta O-500 kiinteistö sähkökeskuksesta.

Savupiipun sähkölaitteiden sijoituspiirustuksessa näkyy valaisinsijoittelu, johdotukset, kaapelihihlyt, 2DN10 sähkökeskus ja kalusteet (Liite 4). Valaistus on toteutettu LED-valaisimilla, jossa on kolme LED-paneelia. Yksi paneeli on turvalaistukselle ja kaksi normaalille yleisvalaistukselle. Tavallisessa tilanteessa kaksi LED-paneelia palaa, ja näitä kahta paneelia syöttää piipun kiinteistö sähkökeskus 2DN10, yhtä paneelia syöttää turvalaistuskeskus 2EQ10. Normaalia valaistusta ohjataan tavalliseen tapaan

painonapeilla (kahta 2DN10 keskuksen valaistusryhmää ohjataan sysäysreillä ja yhtä ryhmää 1-kytkimillä). Turvavalaisussyöttö ohjautuu päälle, kun 2DN10 keskuksen alijännitereleeltä katoaa jännite tai pääkeskuksen O-506 syöttö katkeaa.

Jännitevalvonta suunniteltiin 2DN10 kiinteistösähkökeskukseen sen vuoksi, että prosessitilassa tapahtuva tulipalo saattaisi tuhota kiinteistökeskuksen ilman, että jännite katoisi pääkeskuksesta. Tällä keinolla varmistetaan turvavalojen toiminta hätätilanteessa. Piippu toimii myös hätäuloskäyntinä, jossa piipun kierreportaan nousevat noin 30 metriä kalliutilasta maanpinnalle. Piipussa on neljä poistumisreittivalaisinta, jotka ovat jatkuvatomisia.

Kiinteistösähkökeskus 2DN10:n Lähdestä 8F1 on otettu indikointitieto turvavalokeskukseen 2EQ10 (Liite 5). Turvavalokeskuksen pääkaaviossa näkyy neljä käyttöönotettua lähtöä ja kahdeksan vapaata lähtöä. Pääkaavioon on myös merkitty käytetyt tehot joista lähtöä kohden (Liite 6). Näiden kahden keskuksen sijainnit näkyvät lämpökeskuksen kaapelihyllypiirustuksessa, joka käännettiin TIF -muodosta DWG -muotoon ja tämän jälkeen skaalattiin mittakaavaan. Kuvan avulla pystyy nyt AutoCAD ohjelmiston avulla tekemään esimerkiksi kaapelimitoituksia. Tästä oli huomattavaa apua automaattisuunnittelussa tarvittaviin kaapelimitoituksiin. Kuvassa näkyy ainoastaan uudet asennukset (Liite 7).

Näiden teknisten dokumenttien lisäksi suunnitelmat sisältävät

- sähkötyöselityksen (Liitteessä 8 sisällysluettelo)
- kaapeliluettelon
- valaisinluettelon.

Kaupalliset dokumentit ovat seuraavat:

- urakan hankintaohjelma (Liitteessä 9 sisällysluettelo)
- tarjousvertailutaulukko
- urakkaneuvottelun pöytäkirja.

Näiden suunnitelmien mukaan kohteen urakointi ja hankinnat toteutettiin 14.10.2011 - 9.12.2011. Suunnitelmissa huomioitiin kustannustehokkuus hyödyntäen nykyisiä keskuksia, ja tämän lisäksi varauduttiin myös 2. vaiheen modernisointiin. Kaikki vedetyt



kaapelit menevät täysin uusilla reiteillä. Vuonna 2014 purkutyöt on helppo suorittaa, koska säästettävät kaapelit kulkevat omia kaapelireittejään.

Alppilan savupiipun LED - värivalaistus on toteutettu yhdeksällä eri värillä. Väri kertoo Helsingin Energian kokonaisenergiatuotannon. Savupiipun sisälle on asennettu ohjauskeskus 2HR10, joka saa ohjaussignaalin langattomasti päävalvomosta. Energian kokonaistuotannon mukaan myös valaistuksen väri muuttuu. Kuvassa 16 näkyy valaistuksen koekäyttö syksyiltä 2011.

Sähkösuunnitelmiin kuuluvat keskuksen *layout* sekä piirikaavio kytkennöistä. Tämä on kuitenkin erillinen projekti, joten en tämän yksityiskohtaisemmin käsittele asiaa.



Kuva 16. Alppilan piipun värivalaistus

## 7.2 Prosessisähkösuunnitelma

Prosessisähköistyksen osalta kaapelointi toteutettiin vanhoja reittejä hyödyntäen, eikä uusia keskuksia jouduttu asentamaan. Vuonna 2014 modernisoinnissa nämä kaapelit voidaan huoletta purkaa ja vetää uudet kaapelit näiden tilalle.

Modernisoinnissa päätettiin jo tässä vaiheessa vaihtaa öljypumput uusiin vastaavan tehosiin pumppuihin. Asennuksien ollessa uusia haluttiin pumppuille asentaa turvakytkimet huoltotoimenpiteitä varten. Toteutuksen lähtökohtana oli minimoida kaapelointimatkat ja muutosten määrä. Tämä toi heti haasteita suunnittelulle, koska pumput toimivat sekä kaukokäytöllä että paikallisesti.

Turvakytkimen avautuvan apukoskettimen toimintaan (häiriö signaali) ei saa vaikuttaa se, missä asennossa keskuksen O-504 K/O/A kytkin on. Lisäksi toimintaan ei saa vaikuttaa onko pumput kytketty valvomon pulpetista kaukokäyttöön vai paikalliskäyttöön. Turvakytimestä täytyi myös saada asentotieto, joka toteutettiin yhdistämällä asentotieto olemassa olevaan häiriötietoon. Turvakytken avautuessa kytkimen avautuva apukosketin sulkeutuu, ja näin saadaan häiriösignaali valvomoon. Mikään kytkentätila ei saa vaikuttaa turvakytken toimintaan. Näin ollen turvakytken saa jatkuvan jännitteen, eikä pumppujen käyttötapa vaikuta siten, että jännite katkeaisi missään käyttötilanteessa. Toimintaperiaate selviää parhaiten piirikaaviota tarkastelemalla. (Liite 10.)

Myös öljysäiliötilan poistopuhaltimet vaihdettiin uusiin Ex-luokiteltuihin poistopuhaltimiin. Vanhoja puhaltimia oli kaksi. Näiden syötöt käännettiin kahdelle uudelle puhaltimelle ja vanhat purettiin pois. Puhaltimien kanaviin asennettiin kolme palopeltiä, jotka sijaitsevat öljysäiliötilassa.

Palopelleille ei voitu viedä 230 VAC Ex-tilaluokituksen takia. Palopeltien sulkeutuessa myös poistopuhaltimien sähkösyöttö tulee katketa, etteivät ne toimisi suljettua kanavaa vasten. Palopellit sisältävät mikrokytkimen, jossa on sekä avautuva kosketin, että sulkeutuva kosketin. Sulkeutuva kosketin on automaation "palopelti kiinni" signaalia varten, kun taas avautuvan koskettimen avulla pystytään katkaisemaan puhallinlähtöjen kontaktorien releiltä jännite. Kytkentä on tehty siten, että minkä tahansa ilmastointikanavan palopellin palosulakkeen lauetessa molempien puhaltimien syöttö katkeaa. Ex-luokitellun tilan ulkopuolelle asennettiin KD11 kotelo, jossa tehtiin jännitteen muunnos

230 VAC/24 VDC. 24 VDC:llä voitiin kaapeloida loppu matka palopelleille, jotka asennettiin Ex-luokiteltuun tilaan. (Liite 11)

Uusien säädöksien mukaan jokaisella kattilalla on oltava oma savukaasuntummuusmittauksensa, eikä näitä saa yhdistää. Aikaisemmin kattilan 1 ja kattilan 2 savukaasuputkistot olivat yhdistetty ja savukaasuntummuusmittaus oli myös yhteinen. Myös kattila 3 ja kattila 4 oli yhdistetty vastaavalla tavalla. Modernisoinnissa jokainen kattila sai oman savukaasulinjansa ja oman savukaasuntummuusmittauksensa. Sähköistykselle kuuluivat ohjauskoteloiden sähkönsyöttö ja tästä eteenpäin automaation osaprojekti hoiti loput. Insinööritö on rajattu pelkästään sähköistykseen, joten työssä ei käydä läpi automaatioon liittyvää modernisointia. Projekteissa kaikki osaprojektit vaikuttavat toisiinsa jollain tavalla ja tämän vuoksi tekninen ymmärrys eri osaprojekteista helpottaa oman osa-alueen johtamista.

Prosessisähköistykseen osaprojektia ei kilpailutettu vaan urakka annettiin Helen Servicelle hajanaisuutensa vuoksi. Tämän lisäksi urakka oli kohtalaisen pieni, joten kunnossapidon resurssit riittivät urakan toteuttamiseen.

### 7.3 Asennustarkastus

Asennustarkastus suoritettiin 9.12.2011 ja tästä tehtiin valokuvasarja. Kuvasarjan viimeistä kuvaa lukuun ottamatta kaikki kuvat koskevat rakennussähkön osaprojektia. Viimeisessä kuvassa on yksi kolmesta öljypumpusta. Tarkastuksen jälkeen allekirjoitettiin katselmuspöytäkirjat ja listattiin puutteet, kuten mittauspöytäkirjan puuttuminen ja muutamien laite- ja kaapelikilpien lisäykset. (Liite 12.)

### 7.4 Loppudokumentointi

Asennustarkastus hyväksyttiin, koska puutteet olivat vähäiset ja nämä kirjattiin ylös. Loppudokumentointiin kuuluivat piirustuspäivitykset, jotka saatiin kaikilta osin valmiiksi. Näiden lisäksi poistetuista kaapeleista, poistetuista laitteista, vedetyistä kaapeleista sekä uusista laitteista laaditaan jokaisesta oma luettelonsa. Luettelot tarkistaa tilaajan asiantuntija, minkä jälkeen nämä ajetaan kunnossapitojärjestelmään. Tilaajan asiantuntija myös tarkistaa kaikki piirustukset, ja hyväksynnän jälkeen kuvista toimitetaan

kolme sarjaa tilaajalle. Yksi piirustussarja jää tilaajalle, yksi kunnossapitoon ja yksi toimitetaan lämpökeskukseen. Myös mahdolliset huoltokansiot, käyttöoppaat ja vastaavat dokumentit tulee toimittaa tilaajalle. Näiden tehtävien jälkeen tehdään katselmuspöytäkirja ja saatetaan osaprojekti päätökseen.

Kaikkien osaprojektien valmistuessa saatetaan koko projekti lopulta päätökseen ja projektiorganisaatio puretaan. Projektin päätös tarkoittaa sitä, että tilaaja on hyväksynyt projektin täysin, jolloin tilaaja myös vastaanottaa kohteen. Usein projektiorganisaatiosta nimetään yksi henkilö hoitamaan takuainsinöörin tehtävää (takuuaika 2 vuotta).

## 8 Yhteenveto

Sähköistyksen osaprojekti toteutui aikataulun mukaisesti, eikä projektin edetessä ilmaantunut suurempia ongelmia. Osaprojektien välillä tietoa tuli paloittain, mikä hankaloitti projektinhallintaa. Sähköistyksen osalta projektin ollessa kuitenkin pieni, projekti oli helpommin hallittavissa ilman jatkuvia palaveriteita ja suunnittelukokouksia. Projekti vedettiin pienillä resursseilla, johon Helen Engineeringistä kuuluivat ainoastaan projektipäällikkö ja kaksi osaprojektipäällikköä. Kaikissa osaprojekteissa käytettiin ulkopuolista suunnittelua, lukuun ottamatta prosessisähkö- sekä rakennussähkösuunnittelua. Osaprojektipäälliköt toimivat usein asennusvalvojina, mutta erittäin harvoin suunnittelijoina. Suunnittelu hankitaan ulkopuoliselta insinööritoimistolta, ja osaprojektipäällikkö huolehtii suunnittelun ohjaamisesta ja valvonnasta.

Usein projektit onnistuvat, kun järjestetään yhteisiä suunnittelukokouksia ja pidetään tilaaja jatkuvasti ajan tasalla. Lisäksi projektin edetessä tulee tehdä katselmointeja tilaajan kanssa. Nämä katselmuspöytäkirjat tallennetaan dokumentointijärjestelmään. Eri osaprojektipäälliköt saavat helposti tietoa, kun kaikki hoitavat katselmoinnit. Lisäksi tulee dokumentoida kaikki merkittävät palaverit, erityisesti suunnittelukokoukset. Dokumentointi hoidetaan keskikokoisissa ja suurissa projekteissa tarkemmin Helsingin Energian projektimallin mukaisesti. Projektinhallintadokumenttien määrä valitaan sen mukaan onko kyseessä pieni, keskikokoinen vai suuri projekti.

Suunnittelutehtävät olivat helpohkoa perussuunnittelua ja aika riitti kohtuullisen hyvin. Isommissa projekteissa osaprojektipäällikön aika ei riitä suunnitteluun, vaan suunnittelu on hankittava muualta.

## Lähteet

- 1 Helsingin Energia. Vuosikertomus 2010.  
<http://www.helen.fi/vuosi2010/index.html>. Luettu 3.6.2011

---

- 2 Helsingin Energia. Vuosikertomus 2006.  
[http://www.helen.fi/vuosi2006/print/Helsingin\\_Energia\\_vuosikertomus\\_PDF.pdf](http://www.helen.fi/vuosi2006/print/Helsingin_Energia_vuosikertomus_PDF.pdf).  
Luettu 3.6.2011.

---

- 3 Helsingin Energia. vuosikertomus 2008.  
[http://www.helen.fi/vuosi2008/Hel\\_En\\_vuosikertomus\\_2008.pdf](http://www.helen.fi/vuosi2008/Hel_En_vuosikertomus_2008.pdf).  
Luettu 3.6.2011.

---

- 4 Helsingin Energia. Alppilan lämpökeskuksen historia  
[http://www.helen.fi/energia/alppila\\_historia.html](http://www.helen.fi/energia/alppila_historia.html). Luettu 10.6.2011.

---

- 5 Helsingin Energia. Alppilan lämpökeskus.  
<http://www.helen.fi/energia/alppila.html>. Luettu 10.6.2011.

---

- 6 Mobil 1. Oikea voitelu.  
[http://www.mobil1.fi/media/34235/mobil\\_oikeavoitelu\\_lr\\_110401.pdf](http://www.mobil1.fi/media/34235/mobil_oikeavoitelu_lr_110401.pdf).  
Luettu 10.6.2011.

---

- 7 Seppälä R. 1987. Lämpökeskuksen käyttäjän käsikirja. Ekono Oy.
- 8 Esa Tiainen 2007. Maadoituskirja. STUL ry.
- 9 Pertti A. Mäkinen. Sähköasennukset 4. STUL ry.
- 10 TTT-käsikirja Luku 21 Valaistustekniikka. ABB 2000–07.
- 11 2000. TALO-90. Rakennustietosäätiö RTS.
- 12 2010. S2010-sähkönimikkeistö ST 70.12. Sähkötieto Ry.
- 13 Timo Ylinen 2009. Sähköasennukset 3. STUL ry.
- 14 Markku J.J. Mäkinen, Raimo Kallio ja Reijo Tantarimäki. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Otava.
- 15 TTT-käsikirja luku 7 Oikosulkusuojaus. ABB 2000–07.
- 16 Suomen Virtuaaliammattikorkeakoulu. Ylivirtasuojaus.  
[www.amk.fi/material/attachments/.../ylivirtasuojaus.doc](http://www.amk.fi/material/attachments/.../ylivirtasuojaus.doc). Luettu 1.12.2011.

## Liitteet

Liite 1. Maadoitusverkko

Liite 2. Pääkeskus O-506

Liite 3. Kiinteistösähkökeskus O-500

Liite 4. Savupiipun sähkölaitteiden sijoituspiirustus

Liite 5. Savupiipun kiinteistösähkökeskus 2DN10

Liite 6. Turvavalokeskus 2EQ10

Liite 7. Kaapelihyllyt

Liite 8. Sähkötyöselityksen sisällysluettelo

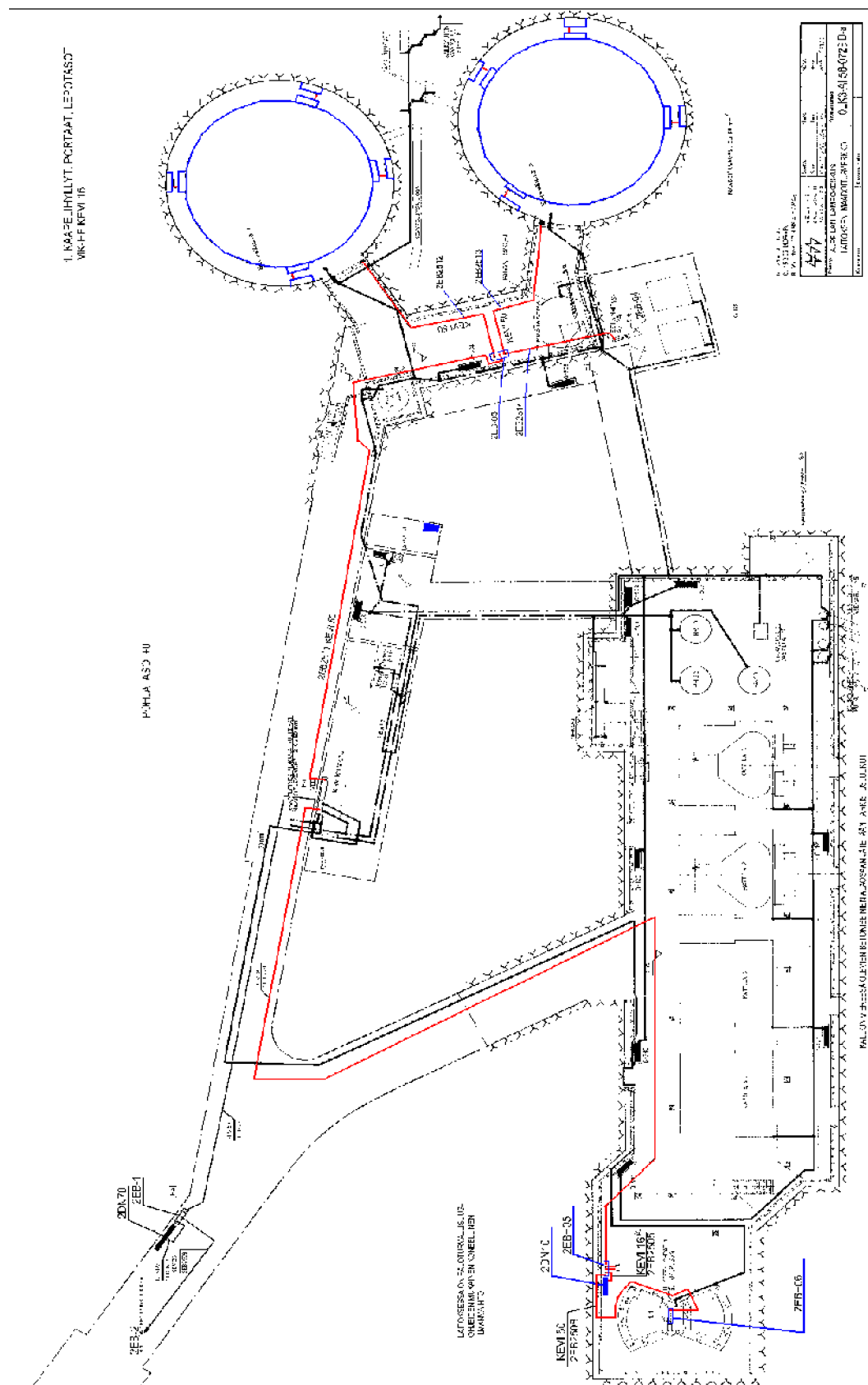
Liite 9. Hankintaohjelman sisällysluettelo

Liite 10. Öljypumppujen piirikaaviot

Liite 11. Öljysäiliötilan poistopuhaltimet piirikaavio

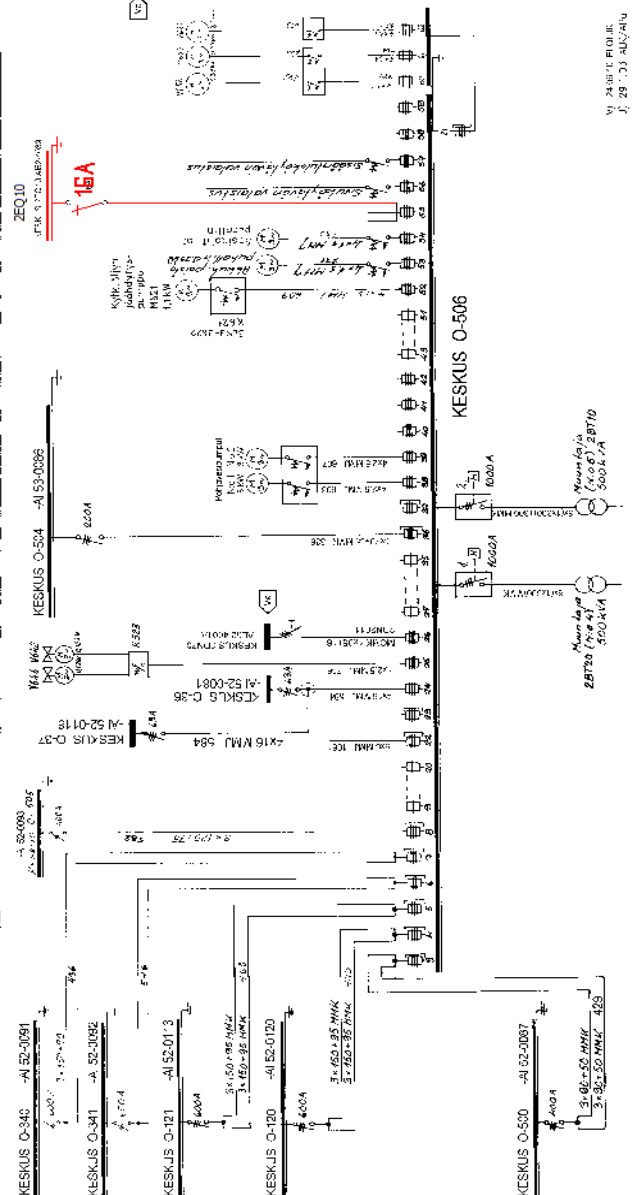
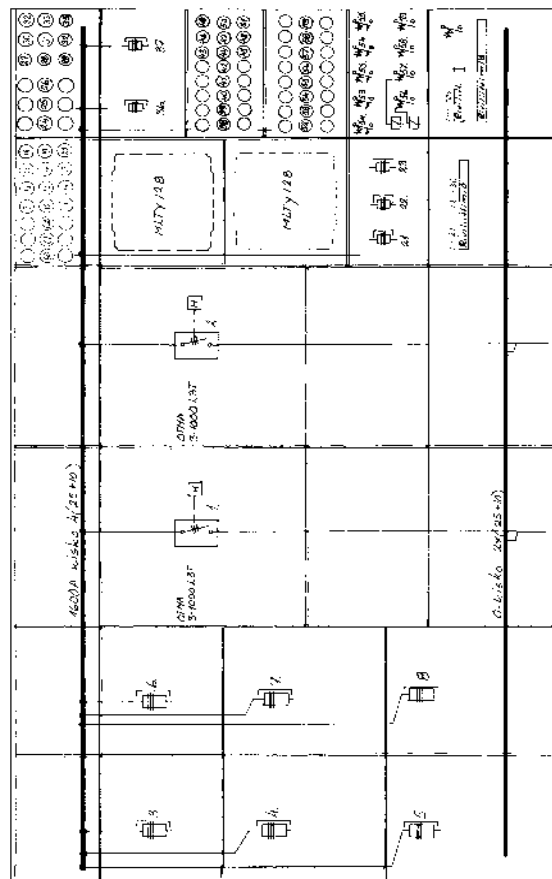
Liite 12. Asennustarkastuksen valokuvasarja

## Maadoitusverkko





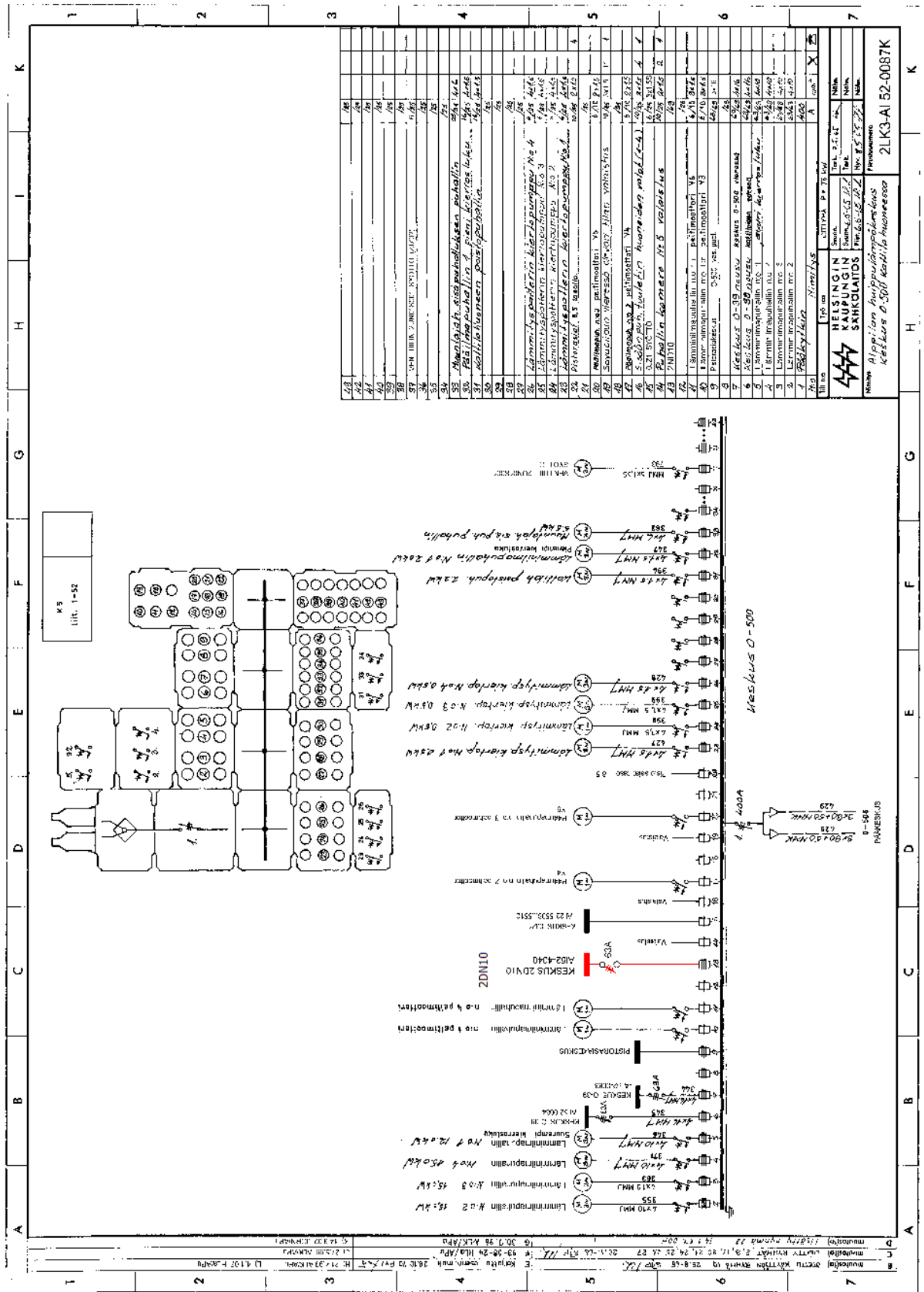
## Pääkeskus O-506



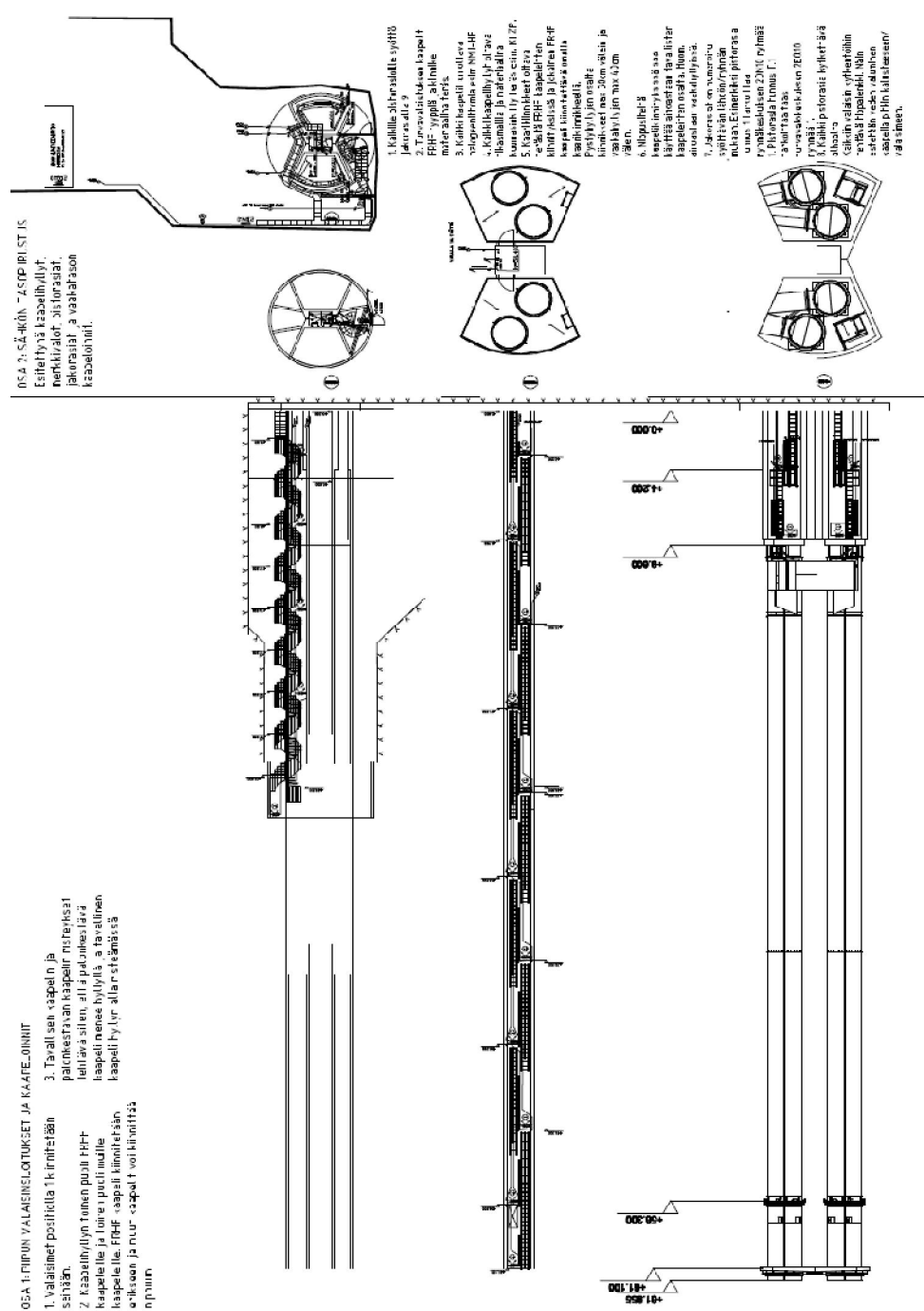
U. 29. 33 AUZ/ALU

[illegible]

Kiinteistösähkökeskus O-500



## Savupiipun sähkölaitteiden sijoituspiirustus

[illegible]

# Savupiipun kiinteistösähkökeskus 2DN10

A SÄHKÖTEKNILAISET TIEDOT		B KESKUKSEN YMPÄRISTÖTIEDOT		C KALUSTUS JA KAAPELOINTI		D MUUT SOVITTAVAT ASIAT	
<p>1. Jakeluajastelu</p> <p>1 ~ 50Hz <input type="checkbox"/> 1 ~ Hz <input type="checkbox"/> 3 ~ 50Hz <input checked="" type="checkbox"/> 3 ~ Hz <input type="checkbox"/></p> <p>Tasojännite <input type="checkbox"/></p> <p>2. Nimelliskäyttöjännite <math>U_n</math> 400 V <input type="checkbox"/></p> <p>2.1 Nimellisieritys-jännite <math>U_i</math> V <input type="checkbox"/></p> <p>2.2 Asuinpiirin nimellisaritus <math>VAC</math> suojaus <input type="checkbox"/></p> <p>2.2.1 nimellisaritus <math>VDC</math> suojaus <input type="checkbox"/></p> <p>3. Nimellisvirta, keskuksen <math>I_n</math> 100 A <input type="checkbox"/></p> <p>3.1 in virtapiirit <input type="checkbox"/></p> <p>3.2 in virtapiirit <input type="checkbox"/></p> <p>3.3 in virtapiirit <input type="checkbox"/></p> <p>3.4 Oikosuovirta ik liittymässä min. A max. A <input type="checkbox"/></p> <p>4. Termimäärä <math>I_{th}</math> 4,0 kA <input type="checkbox"/></p> <p>4.1 Dynimikkestovirta <math>I_{dyn}</math> 6,0 kA <input type="checkbox"/></p> <p>5. Nimellinen tasauskierros SFS-EN 60439-1 muk. <input type="checkbox"/> 60439-3 muk. <input type="checkbox"/></p> <p>5.1 Salittu leikkaukko <input type="checkbox"/></p> <p>Salittu kosketusjännite <input type="checkbox"/></p> <p>6. Maadoitustavat TN-S <input checked="" type="checkbox"/> TN-C-S <input type="checkbox"/> TN-C <input type="checkbox"/> muu <input type="checkbox"/></p> <p>7. Kiskotien ja niiden mitoitus L, N, PE <input type="checkbox"/></p> <p>L1, L2, L3, N, PE <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>PE-kisko N-kiskon vahvuinen <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>L1, L2, L3, PEN <input type="checkbox"/></p> <p>7.1 Potentiaalintasaus keskuksessa <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Lähin potentiaalintasaus syöttösuunnassa <input type="checkbox"/></p> <p>8. Lisätietoja <input type="checkbox"/></p> <p>Liittymä <input type="checkbox"/></p> <p>Huippu <input type="checkbox"/></p> <p>Tasotettu huippu <input type="checkbox"/></p> <p>Huipun käyttötila <input type="checkbox"/></p>		<p>1. Ympäristön lämpötila normaali (-5...+35°C) <input type="checkbox"/></p> <p>ulkona (-25...+35°C) <input type="checkbox"/></p> <p>minimi -10 °C, maksimi 45 °C <input type="checkbox"/></p> <p>2. Liikaahtamisaste (1..4, teollisuus 3) <input type="checkbox"/></p> <p>3. Erityisolosuhteet ja vaarat <input type="checkbox"/></p> <p>4. Kotelointiluokka asennettuna P 5L <input type="checkbox"/></p> <p>4.1 Kotelointiluokka keskusosien välillä P <input type="checkbox"/></p> <p>4.2 Tilankäyttö leveys mm <input type="checkbox"/></p> <p>korkeus mm <input type="checkbox"/></p> <p>syvyys mm <input type="checkbox"/></p> <p>5. Kehikkokeskuksen yhtenäinen ovi ei vaativuutta laivojen, vain sähkötila) <input type="checkbox"/></p> <p>kosketussuojainen, tausta avoin <input type="checkbox"/></p> <p>kosketussuojainen, myös tausta <input type="checkbox"/></p> <p>kotelorakenne <input type="checkbox"/></p> <p>max. koteloleveys mm <input type="checkbox"/></p> <p>kaapelointitilat erillisinä <input type="checkbox"/></p> <p>11 kojelaita kohti <input type="checkbox"/></p> <p>12 kojelaita kohti <input type="checkbox"/></p> <p>yhtenäinen ovi/aita (avaus yms. pist) <input type="checkbox"/></p> <p>max. leveys mm <input type="checkbox"/></p> <p>avaukuma <input type="checkbox"/></p> <p>useita ovia <input type="checkbox"/></p> <p>max. leveys mm <input type="checkbox"/></p> <p>avaukuma <input type="checkbox"/></p> <p>6. Asennusvaatimukset <input type="checkbox"/></p> <p>kiinnitys seinälle <input checked="" type="checkbox"/> upotettuna <input type="checkbox"/></p> <p>kiinnitys lahtaan ja seinään <input type="checkbox"/></p> <p>vapaasti seisova <input type="checkbox"/></p> <p>7. Pintakäsittely normaali <input type="checkbox"/></p> <p>erityisvaatimus <input type="checkbox"/></p> <p>8. Kosketusjännitesuojaus <input type="checkbox"/></p> <p>suojaadoitettuna rakennus <input type="checkbox"/></p> <p>suojaistettu rakennus <input type="checkbox"/></p> <p>muu <input type="checkbox"/></p> <p>9. Käyttötoimenpiteet suorittaa sähköalan ammattihenkilö <input type="checkbox"/></p> <p>sähköalalla ammattitaidon <input type="checkbox"/></p>		<p>1. Laitesijoitukset <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>keskittely <input type="checkbox"/></p> <p>Yksikkölaitteet <input type="checkbox"/></p> <p>2. Keskitetyn sijoituksen kalusteet <input type="checkbox"/></p> <p>kiinnitys pohjalevyn <input type="checkbox"/></p> <p>moduliojau c-kiskoon <input type="checkbox"/></p> <p>kaikki kaapelit c-kiskoon <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>3. Yksikkölaitteet <input type="checkbox"/></p> <p>kiinteästi pohjalevyn <input type="checkbox"/></p> <p>ulos otettavat <input type="checkbox"/></p> <p>ulos vedettävät <input type="checkbox"/></p> <p>4. Syöttö <input type="checkbox"/></p> <p>kaapelit 20 m <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>AMCK-HE 4X35/75 <input type="checkbox"/></p> <p>kiskosto m, koko <input type="checkbox"/></p> <p>4.1 Suunta <input type="checkbox"/></p> <p>ylhäältä alas <input type="checkbox"/></p> <p>keski <input type="checkbox"/></p> <p>oikea <input type="checkbox"/></p> <p>alhaalta ylös <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>keski <input type="checkbox"/></p> <p>oikea <input type="checkbox"/></p> <p>5. Lähdöt <input type="checkbox"/></p> <p>ylös <input type="checkbox"/></p> <p>alas <input type="checkbox"/></p> <p>kalusteista (N ja PE rimoista) <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>riivittämättä (myös N ja PE) <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>44 / lähtö esimerkistä <input type="checkbox"/></p> <p>kalusteista alkaen A lähdöstä <input type="checkbox"/></p> <p>44 / lähtö esimerkistä <input type="checkbox"/></p> <p>vapaasti riivittämällä kpl <input type="checkbox"/></p> <p>6. Märklämpö 230V LED <input type="checkbox"/></p> <p>7. Paikallissmitarit <input type="checkbox"/></p> <p>8. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>9. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>10. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>11. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>12. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>13. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>14. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>15. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>16. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>17. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>18. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>19. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>20. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>21. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>22. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>23. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>24. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>25. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>26. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>27. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>28. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>29. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>30. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>31. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>32. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>33. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>34. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>35. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>36. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>37. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>38. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>39. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>40. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>41. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>42. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>43. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>44. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>45. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>46. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>47. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>48. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>49. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>50. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>51. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>52. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>53. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>54. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>55. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>56. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>57. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>58. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>59. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>60. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>61. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>62. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>63. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>64. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>65. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>66. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>67. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>68. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>69. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>70. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>71. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>72. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>73. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>74. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>75. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>76. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>77. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>78. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>79. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>80. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>81. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>82. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>83. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>84. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>85. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>86. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>87. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>88. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>89. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>90. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>91. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>92. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>93. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>94. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>95. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>96. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>97. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>98. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>99. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> <p>100. Laskutusmitarit ja mittailaitteet toimittaa keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p>		<p>1. Kokoonpanopöytä <input type="checkbox"/></p> <p>esimerkin mukainen toteutus <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>suunnittelija/laaja hyväksyy <input type="checkbox"/></p> <p>ennen valmistusta <input type="checkbox"/></p> <p>sähkön myyjä hyväksyy <input type="checkbox"/></p> <p>ennen valmistusta <input type="checkbox"/></p> <p>erityismerkintä <input type="checkbox"/></p> <p>2. Tunnukset virtapiireissä ja keskuksissa <input type="checkbox"/></p> <p>eläviävaatimuksia standardin <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>eri ohjeen mukaan <input type="checkbox"/></p> <p>ohje: <input type="checkbox"/></p> <p>teksti ja tunnuksat pätkävaarista <input type="checkbox"/></p> <p>lähtöihin <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>kenttiin ja keskuksien <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>sisäiset johtimet merkittään kaikki <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>vain ohjaus yms. johdot merkittään <input type="checkbox"/></p> <p>materiaali <input type="checkbox"/></p> <p>normaali <input type="checkbox"/></p> <p>3. Lisäliiket <input type="checkbox"/></p> <p>vieras ohjausjännite <input type="checkbox"/></p> <p>katkaisu <input type="checkbox"/></p> <p>TH-C-varoituskilpi <input type="checkbox"/></p> <p>noian erotuskohdan merkintä <input type="checkbox"/></p> <p>potentiaalintasaus tai palmaadoitus <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>mittaus liitetty N-johdimeen <input type="checkbox"/></p> <p>4. Kuljetuskoko <input type="checkbox"/></p> <p>pitäus <input type="checkbox"/></p> <p>korkeus <input type="checkbox"/></p> <p>leveys <input type="checkbox"/></p> <p>max. paino <input type="checkbox"/></p> <p>5. Muut sovitettavat asiat <input type="checkbox"/></p> <p>6. Lisätietoja <input type="checkbox"/></p>	

Päiväys	RAKENNUSKORTIN NIMI JA Osoite		PERUSTUKSEN SISÄLTÖ		SÄHKÖ		KESKUS		LEPOTI	
	HELSINGIN ENERGIA		RYHMÄKESKUS 2DN10		SÄHKÖ		2DN10		1/3	
ALPPILAN LÄMPÖKESKUS		KESKUSKAAVIO		TYÖ NÖ		PER NÖ		MAUTUS		
TIVOLITIE 5, HELSINKI										

LÄHTE	KAAVIO NÖ TAI ULKOISET LAITTEET	NIMITYS	MOOTTORI- TEHO P kW	SÄHKÖ- TEHO S kVA	VIRTA I A	SULAKE/ VAROKE A/A	KAAPELILAJI JA POIKKIPINTA mm <sup>2</sup>
		POTENTIALINTASAU					2E93505 MK-HF 16 KEVI
		NOUSUJOHTO 0-500 . PB 63A PAAKYTKIN				100A	2DN2100 AMMK-HF 4X35/16
		VALAISTUS PIIPPU				C10	MM-L-HF 3x2.5S
		OHJAUSJÄNNITE				B10	
		VALAISTUS PIIPPU				C10	MM-L-HF 3x2.5S
		VALAISTUS PIIPPU				C10	MM-L-HF 3x2.5S
		OHJAUSJÄNNITE				B10	
		VARALÄHTÖ				C10	
		OHJAUSJÄNNITE				B10	
		VARALÄHTÖ				C10	
		OHJAUSJÄNNITE				B10	
		VARATTU PIPUN ULKOVALAISTUKSELLE				C10	
		VARATTU PIPUN ULKOVALAISTUKSELLE				C10	
		ALIJÄÄNNITERELE IND. TURVAVALOKESKUKSEEN				B10	2DN2101 FRHF-MMJ 2x15S
		PIPUN PISTORASIA				B16	MM-L-HF 3X2.5S
		VARASYÖTTÖ, JAKORASIA -59,000				B16	2DN2101 MM-L 5x2.5S
		VARALÄHTÖ				C16	
		RAKENNUSKOHTAISEN NÖN JA ODOTTE HELSINGIN ENERGIA ALPPILAN LÄMPÖKESKUS TIVOLITIE 5, HELSINKI	PIRUSTUKSEN SISÄLTÖ RYHMÄKESKUS 2DN10		TYÖ NÖ 26.07.2011 PVM	SÄHKÖ 2DN10	KESKUS 2DN10
							LEHTI 2/3
							MUUTOS K3-AL52-L040

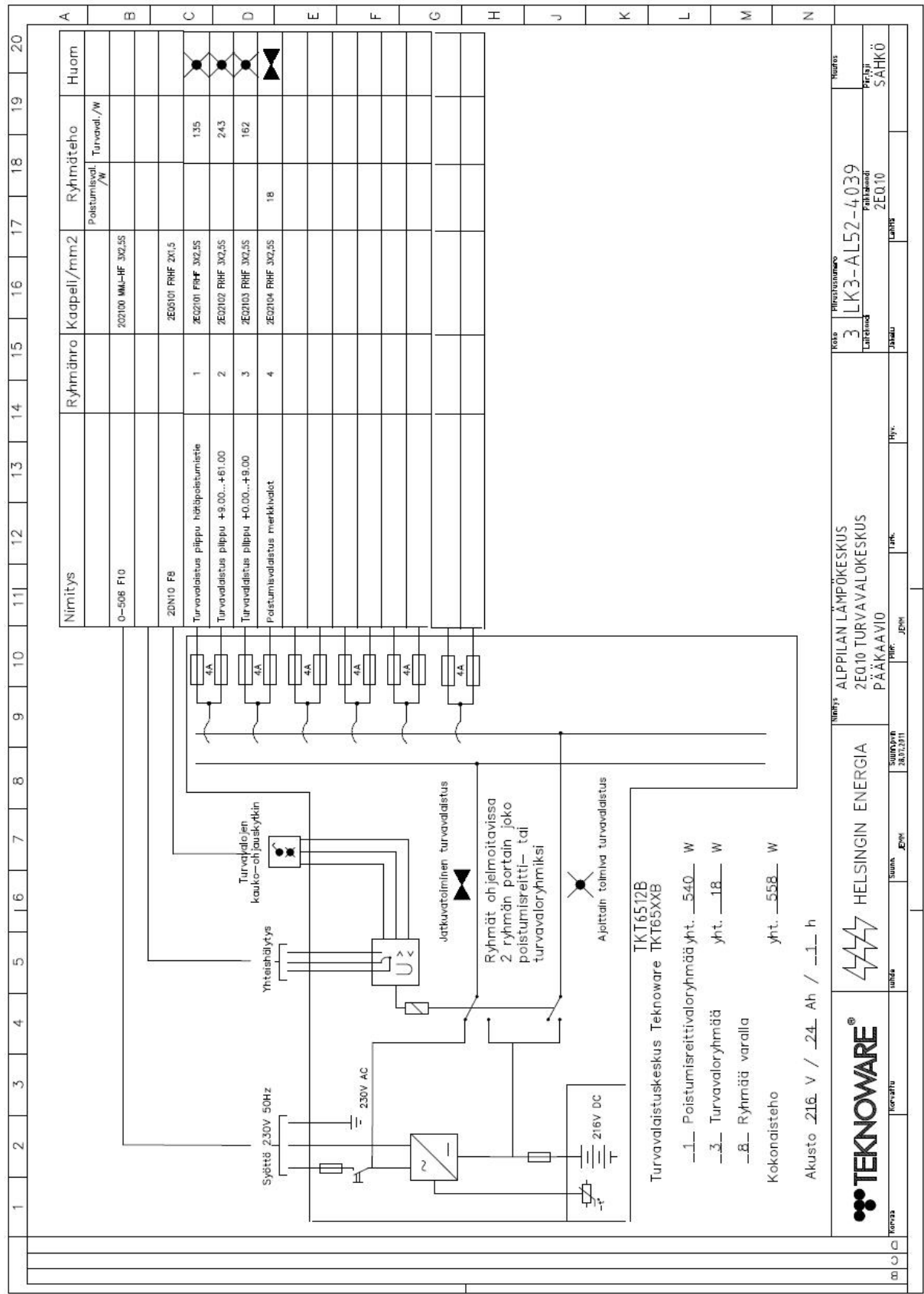
[illegible]



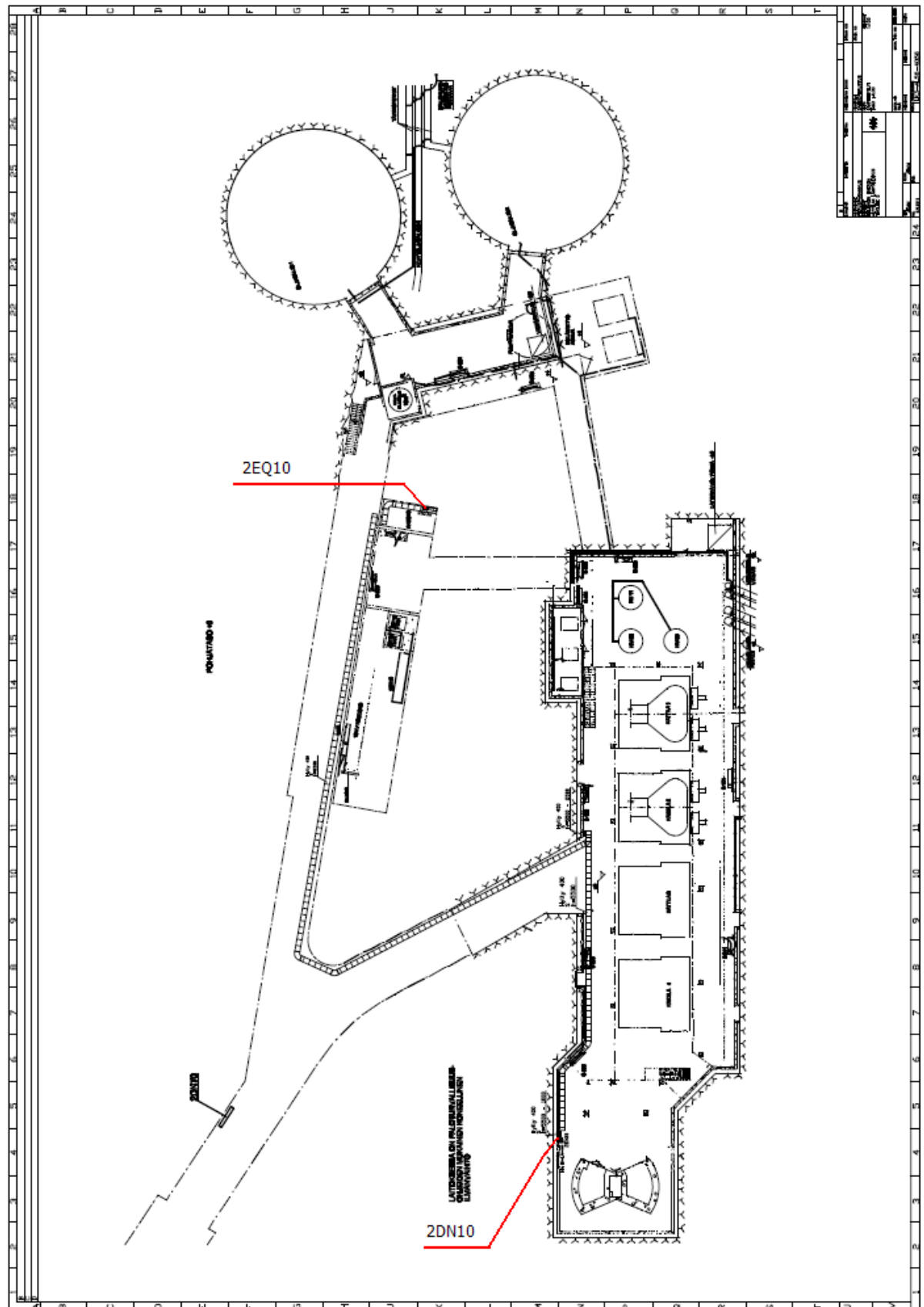




Turvavalokeskus 2EQ10



Kaapelihyllyt



## Sähkötyöselityksen sisällysluettelo

HELSINGIN ENERGIA  
Helen Engineering

SAHKOTYOSELITYS

AL-HAN-0028

Jere Mättö

9.9.2011

2 (9)

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>A. ESITIEDOT</b>	<b>3</b>
A.1. RAKENNUSKOHD	3
A.2. RAKENNUTTAJA	3
A.3. YHTEYSHENKILÖT JA SUUNNITTELIJAT	3
A.4. URAKOITSIJAT	3
<b>B. YLEISOHJEET</b>	<b>3</b>
B.1. SOPIMUSTIEDOT	3
B.2. URAKAN LAAJUUS	3
B.3. MUUTOSTYÖT	3
B.4. SUORITUSAIKA	3
B.5. VASTAANOTTOMENETTELY	4
B.5.1 TOIMINTAKOKEET	4
B.5.3 TARKISTUSMITTAUKSET	4
B.5.4 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET JA TOIMENPITEET	4
B.6. NEUVOTTELUT JA KOKOUKSET	4
B.7. TYÖNJOHTO	4
B.8. VALVONTA JA TARKASTUKSET	4
B.9. PIIRUSTUKSET	4
B.9.1 TYÖPIIRUSTUKSET	5
B.9.2 LOPPUPIIRUSTUKSET	5
B.9.3 KÄYTTÖ- JA HUOLTO-OHJEET	5
<b>C. HANKINNAN LAAJUUS</b>	<b>5</b>
C.1. TARVIKKEET	5
C.2. KYTKIMIEN, PISTORASIOIDEN YMS. SUOITUS	7
C.3. TYÖN SUORITTAMINEN	7
C.4. METALLIPINTOJEN KÄSITTELY	7
C.5. LÄPIVIENNIT	7
C.6. MERKINNÄT	7
<b>D. SÄHKÖN LIITTÄMINEN</b>	<b>8</b>
D.1. MAADOITUKSET	8
D.2. KESKUKSET	8
D.3. JOHTOTIET	8
D.6. KISKOSILLAT, JOHDOT JA PUTKET	9
KOTELOILLE, KESKUKSILLE, RASIOILLE JA KYTKIMILLE KAAPELOINNIT ALAKAUTTA	9
D.6.1 KISKOSILLAT	9
D.6.2 NOUSUJOHDOT	9

## Sähkötyöselityksen sisällysluettelo

HELSINGIN ENERGIA  
HelenEngineering

HANKINTAOHJELMA AL-HAN-0027

Jere Mättö

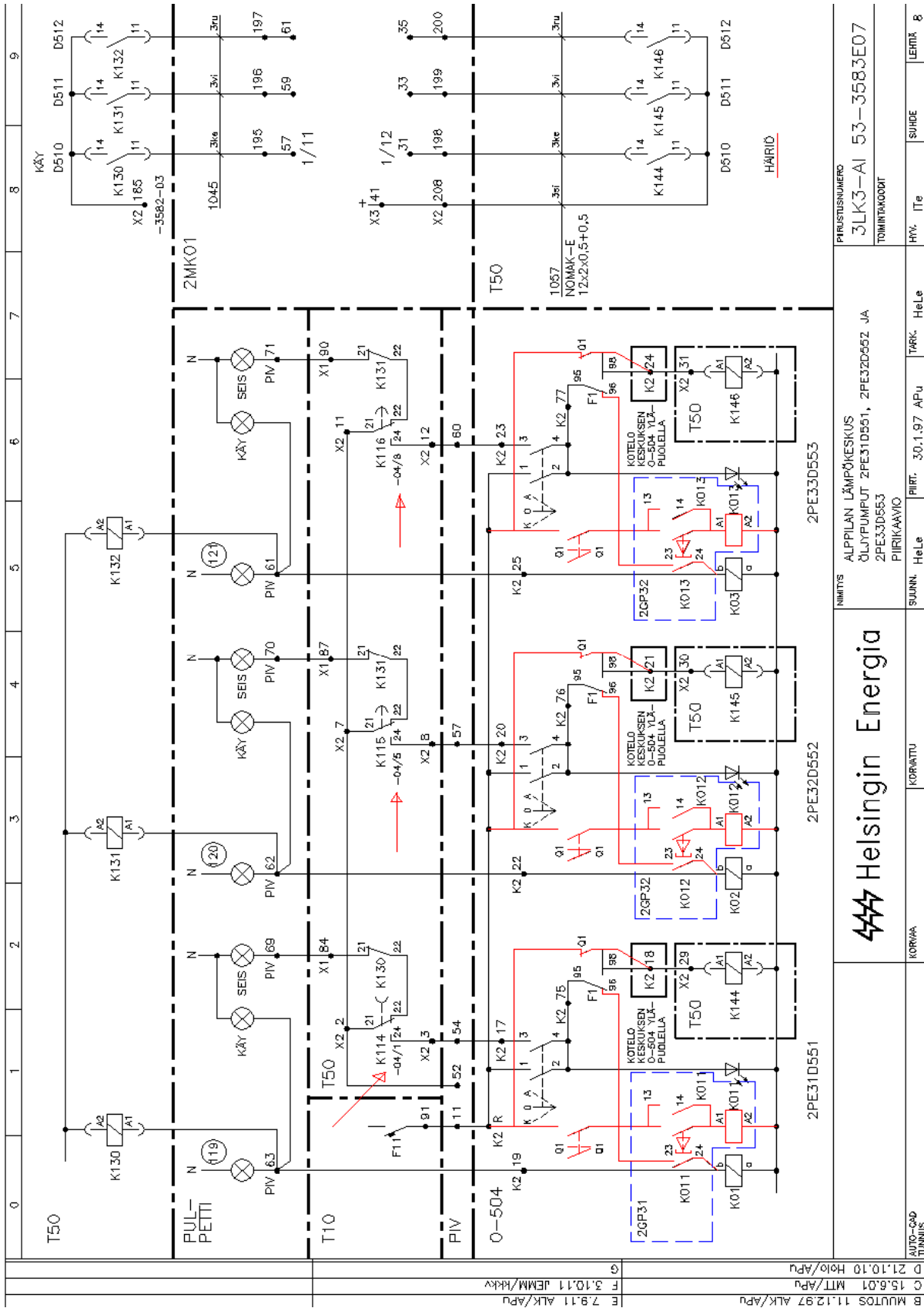
9.9.2011

2 (14)

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>HANKINNAN KOHDE.....</b>	<b>4</b>
1.1	ALPPILAN LÄMPÖKESKUS.....	4
1.2	HANKINNAN KOHDE.....	4
1.3	TILAAJA.....	4
1.4	TOIMITTAJA.....	4
<b>2</b>	<b>PAIKALLISET OLOSUhteet.....</b>	<b>4</b>
2.1	KAYTTOolosuhteet.....	4
2.2	TYÖTÄ VAIKEUTTAVAT TEKIJÄT.....	5
2.3	TYÖMAANJOHTOVELVOLLISUUDET.....	5
2.4	AIKATAULUNSEURANTA.....	5
2.5	TYÖTURVALLISUUSASIA.....	5
<b>3</b>	<b>HANKINNAN LAAJUUS.....</b>	<b>6</b>
3.1	TOIMITTAJAN HANKINTAAN KUULUVAT LAITTEET JA TARVIKKEET.....	6
3.2	PAKKAUKSET JA KULJETUKSET.....	6
3.3	MUUTOKSET HANKINNAN LAAJUUDESSA.....	6
3.4	VALVONTA JA TARKASTUKSET.....	6
3.5	MUUTOKSET.....	6
3.6	TARJOTTAVAT LAITTEET JA JÄRJESTELMÄT.....	7
3.7	SUUNNITTELU.....	7
3.8	PIIRUSTUKSET, KOODAUUS JA MERKINNÄT.....	7
<b>4</b>	<b>ASENNUKSET.....</b>	<b>7</b>
4.1	YLEISTÄ.....	7
4.2	MEKAANINEN ASENNUS.....	8
4.3	KAAPELOINTI JA KAAPELIHYYLYT.....	8
4.4	TYÖMAA-AIKANEN SÄHKÖISTYYS.....	8
4.5	TOIMITTAJAN VELVOITTEET.....	8
4.6	TILAAJAN VELVOITTEET JA HANKINNAT.....	8
4.7	SUOJAUS JA VARASTOINTI URAKOITSIJAN LUONA.....	9
4.8	VAKUUTUKSET JA VASTUU.....	9
4.9	ASENNUSTARKASTUS.....	9
4.10	KÄYTTÖONOTTO.....	9
4.11	LUOVUTUS.....	10
<b>5</b>	<b>TAKUUT.....</b>	<b>10</b>
5.1	YLEISTAKUU.....	10
<b>6</b>	<b>KAUPALLISET EHDOT.....</b>	<b>10</b>
6.1	HINNAT.....	10
6.2	MAKSUEHDOT.....	10
6.3	YLEISET HANKINTAEHDOT.....	11
6.4	TOIMITUSAIKA.....	11
6.5	VAKUDET.....	11
6.6	SOPIMUKSEN PURKAMINEN.....	12
<b>7</b>	<b>TARJOUS.....</b>	<b>12</b>
7.1	TARJOUKSEN SISÄLTÖ JA VOIMASSAOLO.....	12
7.2	TARJOUSASIAKIRJOJEN SALASSAPITO.....	12
7.3	TARJOUKSEN JÄTTÄMINEN.....	12
7.4	ASIAKIRJOJEN PÄTEVYYSJÄRJESTYS.....	12
7.5	TILAUKSEN/SOPIMUKSEN TEKEMISEN PERUSTEET.....	13
<b>8</b>	<b>TARJOUKSEN KÄSITTELIJÄT.....</b>	<b>13</b>

Öljypumppujen piirikaaviot



444 Helsingin Energia

PIIRUSTUSNUMERO  
3LK3-AI 53-3583E07  
TOMINTAKOODIT

ALPPIJÄN LÄMPÖKESKUS  
ÖLJYPUMPUT 2PE31D551, 2PE32D552 JA  
2PE33D553  
PIIRIKAAVIO

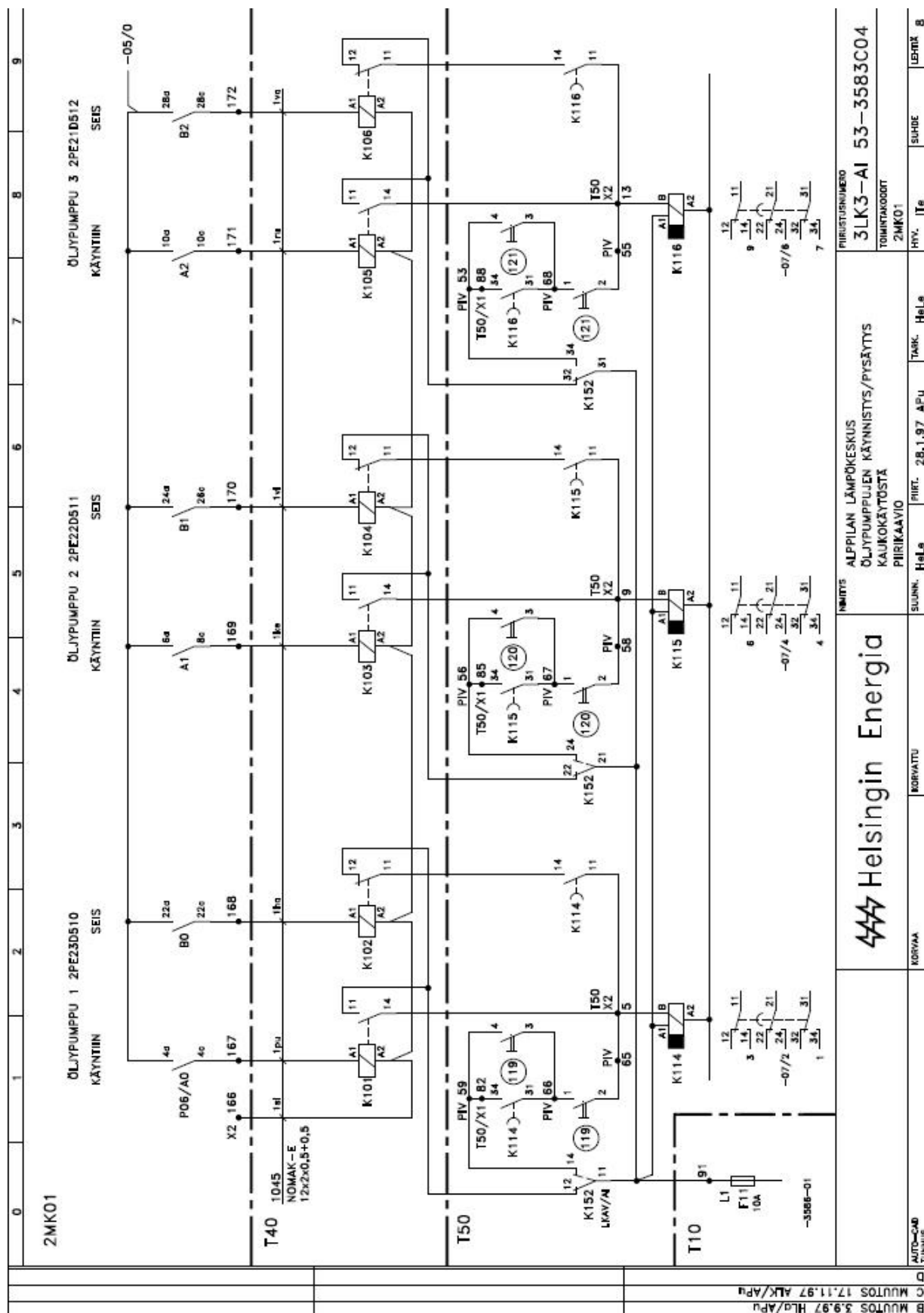
KORVAATU  
KORVAA

2PE31D551  
2PE32D552  
2PE33D553

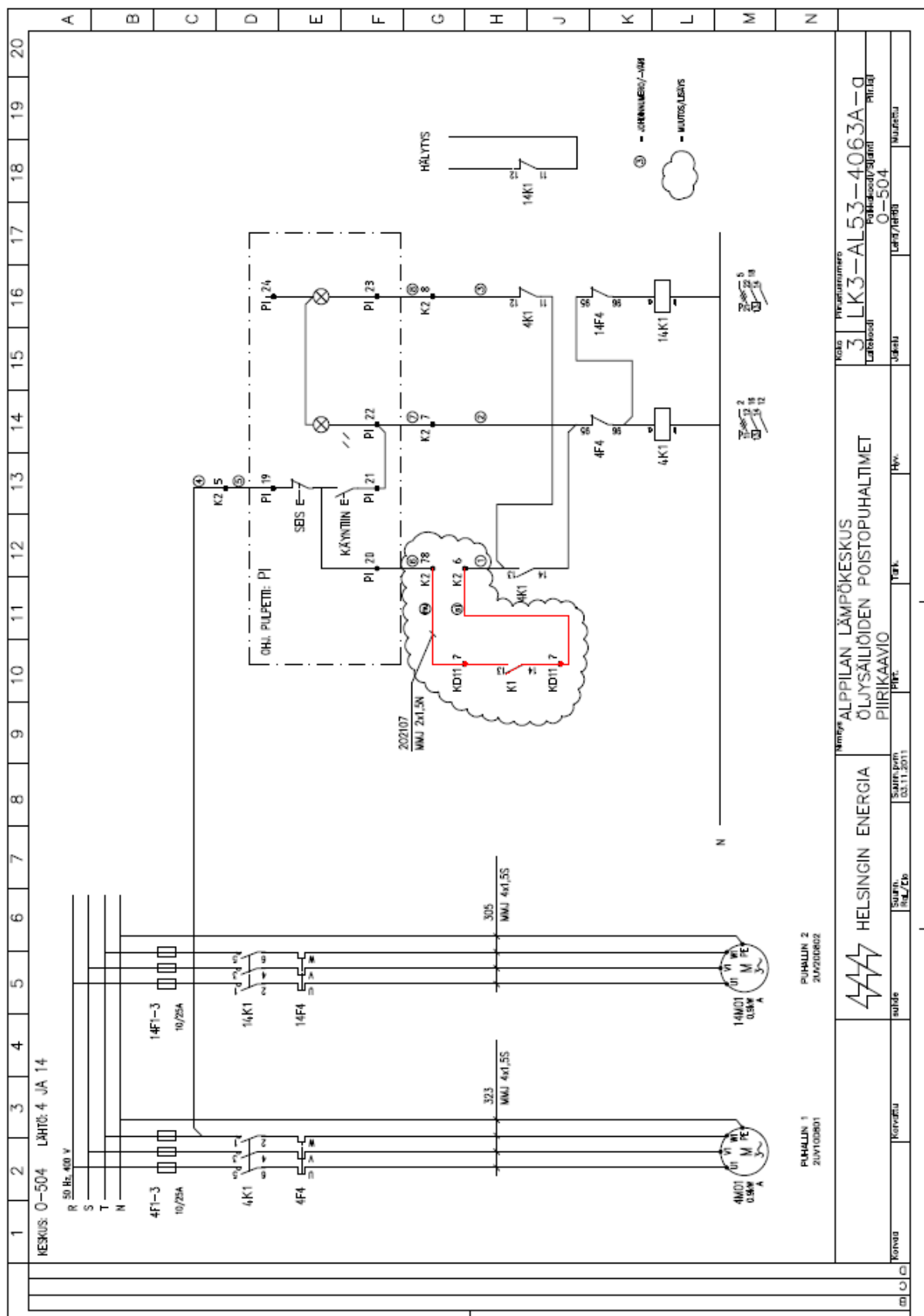
LEHTÄ 8  
SUUNDE  
ITe  
TARKK. Hele  
PIIRT. 30.1.97 APu

AUTO-CAD  
TUNNUS

B MUUTOS 11.12.97 ALK/APu  
C 15.6.01 MTT/APu  
D 21.10.10 Holo/APu  
E 7.9.11 ALK/APu  
F 3.10.11 JEMM/kkv  
G



## Öljysäiliötilan poistopuhaltimet piirikaavio





# Asennustarkastuksen valokuvasarja

